



Pedro Daniel Medeiros Ferreira de Andrade

Licenciado em Engenharia Civil

Avaliação de benefícios da integração do BIM nas operações de Facilities Management

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Civil – Perfil de Construção

Orientador: Nuno Cachadinha, Professor Doutor, FCT-UNL

Júri:

Presidente: Prof. Doutor João Carlos Rocha de Almeida

Vogais: Prof. Doutora Maria de Fátima Silva Marques Tavares Farinha

Doutor Nuno Manuel Pereira Miguéis Cachadinha



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Março de 2014



Pedro Daniel Medeiros Ferreira de Andrade

Licenciado em Engenharia Civil

Avaliação de benefícios da integração do BIM nas operações de Facilities Management

Dissertação para obtenção do Grau Mestre em
Engenharia Civil – Perfil de Construção

Orientador: Nuno Cachadinha, Professor Doutor, FCT-UNL

Júri:

Presidente: Prof. Doutor João Carlos Rocha de Almeida

Vogais: Prof. Doutora Maria de Fátima Silva Marques Tavares Farinha
Doutor Nuno Manuel Pereira Miguéis Cachadinha



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Março de 2014

‘Copyright’ Pedro Daniel Medeiros Ferreira de Andrade, FCT/UNL e UNL

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

AGRADECIMENTOS

Foi um longo caminho até chegar a este ponto na minha vida, os obstáculos que se apresentaram e o esforço que fiz para os ultrapassar foram compensados pelo orgulho que sinto em ter realizado este trabalho.

Quero ainda agradecer à minha família por me ter apoiado e por estar presente em todas as componentes da minha vida, quer seja no meu trabalho, nos meus estudos, nas brincadeiras, no descanso e na felicidade.

Quero agradecer ao meu Irmão mais pequeno, o David Miguel, por ter tido a paciência e a compreensão digna de um adulto, nos momentos em que eu não podia estar com ele, percebendo que o esforço era por um objetivo maior, para todos.

A minha Mãe por me ter dado a calma de espírito em situações de maior *stress* e pressão, ajudando-me a concentrar e a não pensar no fim do mundo.

À minha Irmã que está longe e que eu espero que volte um dia. Quando foi preciso uma palavra de conforto ela estava lá.

Ao meu Pai, por me transmitir tranquilidade e direção nos tempos difíceis que correm, e por se esforçar imenso para nos providenciar uma vida equilibrada.

Agradeço à minha Avó por ser o pilar central da família a que todos recorrem com preocupações e pelas palavras sábias de quem já viveu muito.

À Anabela Gigante por me apoiar silenciosamente e cuidar de mim à sua maneira.

Quero ainda agradecer à Sara Lobo por me apoiar incondicionalmente na minha vida e nos meus estudos e por ser a pessoa que é.

Agradeço também à Eng^a Isabel Pires por me orientar e ajudar a estruturar o meu pensamento e as inúmeras variáveis que o meu cérebro tenta resolver simultaneamente.

Quero agradecer ainda ao Eng.^o Francisco Gonçalves, ao Eng.^o Gonçalo Cravo, ao Eng.^o António do Carmo, ao Eng.^o Miguel Quintas, por estarem disponíveis no dia-a-dia para as questões e pedidos de esclarecimento durante o trabalho de campo, e por me transmitirem um pedaço dos seus conhecimentos. Ao Eng.^o Rui Campos por ter aceitado a realização do estudo e por me ter integrado incondicionalmente nas equipas de manutenção da empresa.

Por último e não menos importante, ao Professor Nuno Cachadinha, por ser a linha orientadora do trabalho, investindo o seu tempo, e contribuindo imenso para a minha formação enquanto pessoa e engenheiro.

RESUMO

Durante o ciclo de vida dos edifícios, muita atenção é dada aos custos de construção e projeto. BIM tem provado que os processos de construção podem ser mudados permitindo à indústria reduzir os custos e aumentar a sua produtividade. No custo global de um edifício a grande fatia dos custos não está associada à sua construção, mas antes à sua exploração e manutenção. O horizonte de projeto não é determinado em anos, mas antes em décadas. Durante esse período os edifícios degradar-se-ão naturalmente e apresentarão anomalias nos seus equipamentos e instalações. Desse modo, é necessário levar a cabo procedimentos no dia-a-dia que garantam que o edifício cumprirá as exigências funcionais inerentes ao seu propósito, e aumentar a sua vida útil.

Num ambiente económico cada vez mais degradado a gestão e manutenção de edifício necessita de se orientar nesse sentido, eliminando desperdício nas suas operações, não só em intervenções de grande magnitude, como essencialmente na sua gestão diária. BIM apresentou uma forma de comunicar e colaborar, nunca antes pensada na indústria AEC; esse paradigma pode também ser aplicado durante a exploração do edifício, permitindo igualmente ganhos de produtividade e eficiência na gestão da informação do edifício.

Este trabalho propõe a integração de BIM nos processos de empresas de gestão de instalações, especialmente na partilha de informação entre os intervenientes. Para suportar a implementação de BIM, procede-se ao levantamento dos processos de gestão da manutenção de um caso de estudo usando o método *Business Process Modelling and Notation* (BPMN) avaliando as alterações que surgem empregando a metodologia *Value Stream Mapping* (VSM).

Com a integração de BIM nos procedimentos da gestão da manutenção, resultaram ganhos de eficiência e produtividade assinaláveis. Permitiu a redução dos custos de operação, da variabilidade dos processos e ainda reduzir os erros humanos.

Termos chave: *Building Information Modelling*, Implementação, *Facilities Management*, SI, *Operator Performance*, AEC/O

ABSTRACT

During a buildings life cycle, much attention is paid to the costs of construction and design. BIM has proven that construction processes can be improved allowing the industry to reduce costs and increase its productivity. In the overall cost of a building a large share is not associated to construction or design, but rather to its operation and maintenance. The project horizon is not determined in years but in decades. During this period, buildings will demonstrate anomalies either in their construction materials or their equipment and systems. Thus, it is necessary to carry out procedures on a daily basis, in order to ensure that the building will meet the functional requirements inherent to its purpose, allowing an increase in its life cycle.

In an increasingly degraded economic environment building maintenance management needs to be guided accordingly, eliminating waste in its operations, not only in large scale interventions of, but also in its daily management. BIM presented a way to communicate and collaborate, previously unthinkable in the AEC industry. This paradigm can also be applied during the operation of buildings, which can lead to gains in productivity and efficiency in managing and using building information.

This work proposes the integration of BIM processes in facilities management firms, especially in information sharing among stakeholders. To support the implementation of BIM, the study proceeds in mapping the processes associated with managing and maintaining a building, through a case study, using Business Process Modeling and Notation (BPMN) and evaluating the changes that arise using the Value Stream Mapping (VSM).

The integration of BIM in the procedures of maintenance management, resulted in increased efficiency and significant productivity gains. In addition, operating costs were reduced, together with operator process variability, and the occurrence of human errors was mitigated.

Keywords: *Building Information Modelling, BIM implementation, Facilities Management, SI, Operator Performance, AEC/O*

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ACB – Análise Custo Benefício
AEC – Arquitetura Engenharia e Construção
AEC/O – Arquitetura Engenharia Construção e Operação
AVAC – Aquecimento Ventilação e Ar Condicionado
BAS – Building Automation System
BIFM –British Institute of Facilities Management
BIM – Building Information Modelling
BPMN – Business Process Modelling
CAD – Computer Aided Design
CAFM – Computer Aided Facilities Management
CMMS – Computer Maintenance Management System
COBie – Construction Operations Building Information Exchange
CT – Corredor Técnico
DFD – Data Flow Diagrams
DOP – Direção de Operações
EF – Estado Futuro
EGM – Encarregado Geral da Manutenção
EP – Estado Presente
FM – Facilities Management
IDEF – Integration DEFinition
INP – Intervenção Não Planeada
IP – Intervenção Planeada
IPD – Integrated Project Delivery
IFC – Industry Foundation Class
LADAR – Laser Detection and Ranging
LiDAR – Light Detection and Ranging
LOD – Level of Development
LPS – Last Planner System
LT – Lead Time
MMLT – Mean Maintenance Lead Time
MTTA – Mean Time to Access
MTTC – Mean Time to Communicate
MTTD – Mean Time to Determine
MTTG – Mean Time to Go

MTTI – Mean Time to Identify
MTTL – Mean Time to Locate
MTTO – Mean Time to Organize
MTTP – Mean Time to Spot
MTTR – Mean Time to Repair
MTTS – Mean Time to Schedule
MTTV – Mean Time to Availability
MTTY – Mean Time to Yield
NBS – National Building Specification
NIST – National Institute of Standards and Technology
NNVA – Necessary but non-value adding
NVA – Non-value adding
OMG – Object Management Group
OT – Ordem de Trabalho
PDA – Personal Digital Assistant
PIB – Produto Interno Bruto
PRIA – Período de Retorno do Investimento Atualizado
RAD – Role Activity Diagrams
RICS – Royal Institute of Chartered Surveyors
ROI – Return on Investment
SLA – Service Level Agreement
TIR – Taxa Interna de Rentabilidade
TPS – Toyota Production System
TTI – Time to Identify
TTO – Time to Organize
TTP – Time to Spot
TTV – Time to Availability
UTA – Unidade de Tratamento de Ar
UTAN – Unidade de Tratamento de Ar Novo
VA – Valor atualizado
VAL – Valor atualizado Líquido
VSM – Value Stream Mapping

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO	1
1.1.	MOTIVAÇÃO	1
1.2.	PROBLEMÁTICA	3
1.3.	QUESTÃO CENTRAL DE INVESTIGAÇÃO	4
1.4.	HIPÓTESES DE ESTUDO	4
1.5.	OBJETIVOS PARCELARES	4
2.	ESTADO DO CONHECIMENTO	5
2.1.	BIM NO CONTEXTO DA CONSTRUÇÃO	5
2.2.	A ADOÇÃO DE BIM	8
2.3.	MODELAÇÃO ND	10
2.4.	<i>FACILITIES MANAGEMENT</i> OU GESTÃO DE EDIFÍCIOS	12
2.5.	SISTEMAS DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO	17
2.6.	BIM E FM	19
2.7.	OUTROS CONCEITOS NA ÁREA BIM	23
2.7.1.	<i>COBIE</i>	23
2.7.2.	<i>LOD (Level of Development)</i>	24
2.8.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
3.	METODOLOGIA	27
3.1.	ESTRATÉGIA DE PESQUISA	29
3.1.1.	<i>Caso de Estudo</i>	29
3.1.2.	<i>Metodologia de Pesquisa</i>	29
3.1.3.	<i>Mapeamento dos Processos Organizacionais</i>	30
3.1.4.	<i>Análise dos Processos</i>	31
3.1.5.	<i>Modelação As-Built do edifício</i>	35
3.1.6.	<i>Análise Económica – Custo/Benefício</i>	35
3.2.	MÉTODO DE INVESTIGAÇÃO	39
3.2.1.	<i>Caso de estudo</i>	39
3.2.2.	<i>Recolha de Dados</i>	39
3.2.3.	<i>Mapeamento dos Processos Organizacionais</i>	40
3.2.4.	<i>Modelação BIM</i>	40
3.2.5.	<i>Análise dos Processos: Estado Presente e Estado Futuro</i>	40
3.2.6.	<i>Análise Económica</i>	41

3.2.7.	<i>Validade Externa ou Generalização das Conclusões</i>	42
4.	RESULTADOS	43
4.1.	CASO DE ESTUDO	43
4.1.1.	<i>O Edifício</i>	43
4.1.2.	<i>Estrutura Organizacional</i>	44
4.2.	MAPEAMENTO DOS PROCESSOS ORGANIZACIONAIS	46
4.3.	MODELAÇÃO BIM	51
4.3.1.	<i>Escolha da Área de Interesse para a Modelação</i>	51
4.3.2.	<i>Conceção do Modelo BIM</i>	52
4.4.	CONCEÇÃO DO ESTADO FUTURO.....	59
4.4.1.	<i>Realização dos Testes aos Operacionais da Manutenção</i>	60
4.4.2.	<i>Realização dos Testes aos Elementos da Gestão/Administração</i>	74
4.4.3.	<i>Comunicando Alterações</i>	79
4.4.4.	<i>Outras Oportunidades</i>	80
4.4.5.	<i>Análise VSM</i>	81
4.4.6.	<i>Análise Económica – Custo/Benefício</i>	85
5.	ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	91
5.1.	BIM AO NÍVEL OPERACIONAL	91
5.1.1.	<i>Comparação das OT</i>	91
5.2.	BIM AO NÍVEL DA GESTÃO/ADMINISTRAÇÃO	95
5.2.1.	<i>Análise dos Testes</i>	95
5.3.	ESTADO PRESENTE VS. ESTADO FUTURO	96
5.3.1.	<i>Análise MTTO</i>	97
5.3.2.	<i>Atividades NVA</i>	99
5.3.3.	<i>Análise MMLT</i>	100
5.3.4.	<i>Eficiência da Manutenção</i>	100
5.3.5.	<i>A redução dos Custos de Operação</i>	100
5.4.	A VARIABILIDADE	101
5.5.	DESAFIOS E SUGESTÕES NA IMPLEMENTAÇÃO DE BIM.....	102
5.5.1.	<i>Modelação Precisa</i>	102
5.5.2.	<i>A Língua</i>	103
5.5.3.	<i>Motivação e Empenho dos Operacionais</i>	103
5.5.4.	<i>Mudança de Paradigma dos Gestores</i>	103
5.5.5.	<i>Iniciativa de Incentivo à Adoção BIM</i>	104
5.5.6.	<i>A Partilha e Uso Continuado do Modelo BIM</i>	104

5.5.7.	<i>Revisão Pós-Implementação de BIM</i>	104
5.6.	IMPLEMENTAÇÃO DE BIM	105
5.6.1.	<i>Método de Implementação</i>	105
5.6.2.	<i>As Responsabilidades</i>	105
5.7.	ANÁLISE DE RISCO	106
5.8.	O VERDADEIRO VALOR DE BIM	107
6.	CONCLUSÕES	109
6.1.	QUESTÃO CENTRAL DE INVESTIGAÇÃO E HIPÓTESES DE ESTUDO	110
6.2.	CONTRIBUIÇÕES DO ESTUDO	111
6.3.	LIMITAÇÕES DO ESTUDO.....	111
6.4.	RECOMENDAÇÕES PARA FUTURA INVESTIGAÇÃO	111
7.	BIBLIOGRAFIA	113

ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 2.1 - SOFTWARE BIM PARA FM	22
QUADRO 2.2 - ESPECIFICAÇÃO LOD	24
QUADRO 4.1 - LEGENDA DO MAPA DE PROCESSOS ORGANIZACIONAIS	49
QUADRO 4.2 - CRITÉRIOS PARA ESCOLHA DA INSTALAÇÃO A MODELAR.....	51
QUADRO 4.3 - ELEMENTOS E INFORMAÇÃO PARA A CONSTRUÇÃO DO MODELO BIM.....	53
QUADRO 4.4 - TESTES MÉTODO TRADICIONAL.....	61
QUADRO 4.5 - TESTES USANDO BIM.....	62
QUADRO 4.6 - CÁLCULO MÉDIA VALORES DE <i>MTTV</i>	63
QUADRO 4.7 - TESTES GESTÃO/ADMINISTRAÇÃO	74
QUADRO 4.8 - IDENTIFICAÇÃO DOS CUSTOS DE INVESTIMENTO E MANUTENÇÃO	85
QUADRO 4.9 - IDENTIFICAÇÃO DOS BENEFÍCIOS TANGÍVEIS ANUAIS	85
QUADRO 4.10 - IDENTIFICAÇÃO DOS BENEFÍCIOS INTANGÍVEIS ANUAIS	86
QUADRO 4.11 – ANÁLISE ECONÓMICA	89
QUADRO 4.12 – RESUMO DA ANÁLISE ECONÓMICA	89
QUADRO 5.1 – COMPARAÇÃO MT vs. BIM - <i>MTTI</i> (s)	91
QUADRO 5.2 - MÉDIAS DE <i>MTTI</i> (s)	92
QUADRO 5.3 - COMPARAÇÃO MT vs. BIM <i>MTTP</i> (s).....	93
QUADRO 5.4 - MÉDIAS DE <i>MTTP</i> (s).....	94
QUADRO 5.5 - RESUMO DOS TESTES DE ACESSO À INFORMAÇÃO (S)	95
QUADRO 5.6 - MÉDIAS DO ACESSO À INFORMAÇÃO (S)	95
QUADRO 5.7 - RESUMO DOS RESULTADOS BIM vs. TRADICIONAL 1.....	97
QUADRO 5.8 - RESUMO DOS RESULTADOS BIM vs. TRADICIONAL 2.....	97
QUADRO 5.9 - VARIAÇÃO DOS PROCESSOS (MÉDIA vs. MÉDIA APARADA)	101
QUADRO 5.10 - INTERVALO DE DADOS MT vs. BIM	102
QUADRO 5.11 - ANÁLISE DE RISCO.....	106
QUADRO 5.12 - RESUMO ANÁLISE DE RISCO	107

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 - TRANSFORMAÇÃO DE PROCESSOS NA INDÚSTRIA DA AEC/O. (ESQUERDA) OS CANAIS DE COMUNICAÇÃO NO MÉTODO TRADICIONAL. (DIREITA) MÉTODO BIM. (EASTMAN ET AL., 2011).....	7
FIGURA 2.2 - ETAPAS BIM NECESSÁRIAS Á EVOLUÇÃO PARA UM NOVO NÍVEL BIM (SUCCAR, 2009)	9
FIGURA 2.3 – ETAPAS QUE CONDUZEM OU SEPARAM DIFERENTES NÍVEIS DE MATURIDADE BIM (SUCCAR, 2009)	9
FIGURA 2.4 - MODELAÇÃO 3D E SUA PARAMETRIZAÇÃO (SUCCAR, 2009).....	10
FIGURA 2.5 - <i>VICO OFFICE PLANNER</i>	11
FIGURA 2.6 - <i>VICO COST PLANNER</i>	11
FIGURA 2.7 – ATIVIDADES DE GESTÃO DE EDIFÍCIOS ADAPTADO DE (RODRIGUES, 2001).....	12
FIGURA 2.8 – ATIVIDADES DO <i>FACILITIES MANAGER</i> ADAPTADO DE (RODRIGUES, 2001)	13
FIGURA 2.9 - ESTRATÉGIAS DE MANUTENÇÃO	15
FIGURA 2.10 - <i>SOFTWARE</i> MÁXIMO DA IBM	17
FIGURA 2.11 - CONSTITUIÇÃO DA ORGANIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO E NECESSIDADES.....	18
FIGURA 2.12 – DOCUMENTOS TRADICIONAIS (ESQUERDA) VS. MODELO BIM 3D (DIREITA) (SABOL, 2008).....	20
FIGURA 2.13 – VALOR DA INFORMAÇÃO NO CICLO DE VIDA (EASTMAN ET AL., 2011)	21
FIGURA 2.14 - CICLO DE VIDA DE UM EDIFÍCIO	21
FIGURA 2.15 - MOBILIDADE DO <i>SOFTWARE</i> BIM E CMMS/CAFM (EcoDomus)	22
FIGURA 2.16 - PROCESSO DE CRIAÇÃO DE COBIE (WBDG, 2013).....	23
FIGURA 2.17 FOLHA DE CÁLCULO COBIE	24
FIGURA 2.18 - EXEMPLO DAS DIFERENÇAS DO LOD ADAPTADO DE (BIMFORUM, 2014)	25
FIGURA 3.1 - SEQUÊNCIA METODOLÓGICA DO ESTUDO	28
FIGURA 3.2 - ESPIRAL DE <i>ACTION RESEARCH</i> (MILLS, 2006).....	29
FIGURA 3.3 - METODOLOGIA DE REDESENHO DE PROCESSOS ORGANIZACIONAIS	30
FIGURA 3.4 - METODOLOGIA PARA O MAPEAMENTO DE ATIVIDADES, IMPLEMENTAÇÃO DE UM DESENHO MELHORADO ADAPTADO DE (KEYTE E LOCHER, 2004).....	32
FIGURA 3.5 - RELAÇÃO ENTRE OS TERMOS USADOS NA ANÁLISE	34
FIGURA 3.6 - EXEMPLO DE ATIVIDADE E SEUS PARÂMETROS	35
FIGURA 3.7 – CURVA DE ADAPTAÇÃO A UM NOVO SI ADAPTADO DE (AUTODESK, 2007).....	37
FIGURA 4.1 - PISO +0	44
FIGURA 4.2 – ORGANOGRAMA DO DEPARTAMENTO DE MANUTENÇÃO	45
FIGURA 4.3 - MAPEAMENTO PROCESSOS ORGANIZACIONAIS PARTE 1	47

FIGURA 4.4- MAPEAMENTO PROCESSOS ORGANIZACIONAIS PARTE 2	48
FIGURA 4.5 - CONSTRUÇÃO DO MODELO BIM	52
FIGURA 4.6 - PISO -1	54
FIGURA 4.7 - ENTRADA (INTERFACE <i>REVIT</i>)	54
FIGURA 4.8 - PORMENOR DE TRAÇADO A (PISO -1).....	55
FIGURA 4.9 - PORMENOR DO TRAÇADO B (PISO -1).....	55
FIGURA 4.10 - CORTE TRIDIMENSIONAL MODELO BIM EM ZONA DE CORREDOR TÉCNICO (PISO +0)	56
FIGURA 4.11 - TRAÇADO REDE INCÊNDIO PRINCIPAL PISO-1 E PISO+0 (INTERFACE <i>REVIT</i>).....	56
FIGURA 4.12 - RENDER DA REDE DE INCÊNDIO DO PISO-1	57
FIGURA 4.13 - LIGAÇÃO ENTRE PISOS E VÁLVULA DE PRUMADA	57
FIGURA 4.14 - PORMENOR REDE DE INCÊNDIO PISO +0	57
FIGURA 4.15 - CONSTRUÇÃO DA PORTA CORTA-FOGO	58
FIGURA 4.16 - MODELAÇÃO FIM-DE-LINHA	58
FIGURA 4.17 – MAPAS DE PILARES E PAREDES EXISTENTES	59
FIGURA 4.18 - PROCESSOS ORGANIZACIONAIS SUJEITOS A ANÁLISE	60
FIGURA 4.19 - EXPOSIÇÃO DA OT N.º1 UTILIZANDO BIM	65
FIGURA 4.20 - REPRESENTAÇÃO DA INFORMAÇÃO DA OT N.º3	67
FIGURA 4.21 - PLACA IDENTIFICADORA DE VÁLVULA DE <i>SPRINKLERS</i>	67
FIGURA 4.22 - REPRESENTAÇÃO DA INFORMAÇÃO DISPONÍVEL NA OT N.º4	68
FIGURA 4.23 - REPRESENTAÇÃO DA INFORMAÇÃO OT N.º4 MT VS BIM.....	69
FIGURA 4.24 - REPRESENTAÇÃO DA INFORMAÇÃO DA OT N.º 5	70
FIGURA 4.25 - FIM-DE-LINHA	70
FIGURA 4.26 - EXEMPLO DE VÁRIAS TUBAGENS NO MESMO ESPAÇO	71
FIGURA 4.27 - REPRESENTAÇÃO DA INFORMAÇÃO DA OT N.º 6	71
FIGURA 4.28 - REPRESENTAÇÃO DA INFORMAÇÃO DA OT N.º6 MT	72
FIGURA 4.29 - REPRESENTAÇÃO DA INFORMAÇÃO DA OT N.º 7	73
FIGURA 4.30 - REPRESENTAÇÃO DO TESTE N.º1 E N.º2 BIM	76
FIGURA 4.31 - PROCEDIMENTO DE PRODUÇÃO DE DOCUMENTAÇÃO TESTE N.º5 MT	77
FIGURA 4.32 - PROCEDIMENTO DE PRODUÇÃO DE DOCUMENTAÇÃO TESTE N.º5 BIM	77
FIGURA 4.33 - REPRESENTAÇÃO DO TESTE N.º7 BIM	78
FIGURA 4.34 - OT PARA MODIFICAÇÃO/ALTERAÇÃO DE EQUIPAMENTOS	79
FIGURA 4.35 - QUANTIDADES PARA NOVOS TRABALHOS	80
FIGURA 4.36 - ACESSO PORTÁTIL AO MODELO BIM.....	80
FIGURA 4.37 - MAPA VSM ESTADO PRESENTE	82
FIGURA 4.38 - MAPA VSM ESTADO FUTURO	84
FIGURA 4.39 - RECUPERAÇÃO DO CAPITAL DE INVESTIMENTO	90

FIGURA 5.1 - RESUMO DOS RESULTADOS <i>MTTI</i> (\$) POR CADA OT	93
FIGURA 5.2 - RESUMO DE <i>MTTP</i> MT vs. BIM	94
FIGURA 5.3 - RESUMO ACESSO À INFORMAÇÃO MT vs. BIM	96
FIGURA 5.4 - ESTRATIFICAÇÃO DE <i>MTTO</i> MÉTODO TRADICIONAL.....	98
FIGURA 5.5 - ESTRATIFICAÇÃO <i>MTTO</i> - BIM	98
FIGURA 5.6 - RESUMO ATIVIDADES NVA	99
FIGURA 5.7 - NUVEM DE PONTOS EM EDIFÍCIOS EXISTENTES	103

1. INTRODUÇÃO

Facilities Management (FM) é uma atividade de gestão de recursos que combina pessoas, propriedade e experiência em gestão de processos providenciando serviços vitais de suporte às organizações (Nik-Mat *et al.*, 2011). A mudança de perspectiva de um edifício, em que a visão de uma instalação puramente estática se converte num panorama dinâmico e se considera o edifício como um ativo das empresas gerido pelo FM, poderá contribuir ativamente para a melhoria da performance do edifício e sucesso organizacional, assim como para o aumento da sua vida útil. Num ambiente económico recessivo, a demanda por eficiência é cada vez maior e uma obrigatoriedade para as empresas atingirem a sustentabilidade.

1.1. Motivação

FM é uma das profissões com maior ritmo de ascensão no Reino Unido e foi uma das principais iniciativas de corte de custos durante os anos 70, época em que o *outsourcing* de serviços se tornou popular (Noor e Pitt, 2009). Em Portugal esta atividade está somente agora a atingir a maturidade. FM é responsável por coordenar todos os esforços relacionados com o planeamento, *design* e gestão dos edifícios e os seus sistemas, equipamento e mobiliário para aumentar a aptidão das empresas para competir num mundo em rápida mudança (Becker e Steele, 1990). FM é uma atividade ramificada lidando com vários temas, desde a legislação segundo a qual os edifícios têm de operar, a questão da sustentabilidade dos edifícios, reciclagem de materiais, gastos energéticos, higiene e segurança no trabalho. No fundo trata-se da otimização dos custos de operação das empresas no que concerne aos seus edifícios, suportando o *core-business* e dando impulso competitivo às empresas.

A especialidade de FM é um assunto emergente em Engenharia Civil (Chen *et al.*, 2013), cada vez mais influente na gestão de operações das empresas e dos edifícios em particular, em crescente maturidade, sendo cada vez mais recorrente a associação de FM com a indústria AEC (Arquitetura Engenharia e Construção). FM estabeleceu-se como um setor fundamental na área dos serviços, com um diversificado e extremamente competitivo mercado de empresas, equipas internas, vendedores, consultores e associações profissionais, como a *British Institute of Facilities Management* (BIFM) e a *International Facilities Management Association* (IFMA) e mais recentemente a Associação Portuguesa de *Facilities Management* (APFM).

Em 2008, o mercado de FM no Reino Unido foi avaliado em 61,9 mil milhões de euros empregando aproximadamente 448 000 pessoas. Na Austrália, esse mercado contribui com 20 mil milhões de dólares para o Produto Interno Bruto (PIB) australiano (AFM, 2013), havendo previsões que em 2017 terá um volume de 364,69 mil milhões de dólares globalmente (Vocus/PRWEB, 2011)

Em Portugal o mercado está classificado como emergente e em 2008 contou com um volume interno de serviços de 4.84 mil milhões de euros em correlação com o PIB (Teichmann, 2009)

Durante a última década uma importante mudança nos sistemas de informação para a indústria da construção tem sido a proliferação do *Building Information Modelling* (BIM) nos círculos industrial e académico como o novo paradigma de Desenho Assistido por Computador (DAC) (Succar, 2009).

As características geométricas e paramétricas dos elementos de um edifício são capturadas e retidas num modelo informático 3D à escala. O BIM tem potencial uso para todas as fases do ciclo de vida do projeto: pode ser usado pelo dono de obra para perceber as necessidades do projeto, análise, *design* e desenvolvimento do projeto pela equipa de projeto, pelo construtor para gerir a construção do projeto e pelo *facility manager* nas fases de operação e desmantelamento (Grilo e Jardim-Gonçalves, 2010).

A importância do BIM começa a crescer sendo que o governo do Reino Unido especificou que até 2016 será requerido que os membros da cadeia de produção trabalhem em ambiente colaborativo em 3D (CabinetOffice, 2011). BIM tem sido utilizado em importantes projetos de larga escala como o recentemente construído Velódromo Olímpico de Londres 2012 e o edifício *Leadenhall “The Cheesegrater”* (Buildoffiste, 2011) *apud* (Bryde *et al.*, 2013)

BIM não é apenas uma ferramenta de desenho geométrico em 3D, mas conta com ferramentas e processos de gestão de projetos. Para além do 3D é possível realizar modelação:

- 4D - Planeamento da construção;
- 5D - informações de custo;
- 6D - *Facilities Management*;

O BIM possui a capacidade de melhorar a comunicação entre todos os intervenientes do projeto, potenciando a colaboração entre equipas de trabalho. Quando usado conjuntamente com a integração das práticas de trabalho entre arquitetos, engenheiros, fabricantes e construtores pode levar a enormes melhorias na produtividade em projeto (Taylor e Bernstein, 2009).

O interesse crescente na tecnologia BIM pode ser visto conjuntamente com novas estruturas de gestão de projetos, como o *Integrated Project Delivery* (IPD) que aumenta a necessidade de uma colaboração mais próxima e comunicação mais eficiente (Eastman *et al.*, 2011), o IPD retrata a gestão da informação no ciclo de vida do edifício, aumentando o valor para o dono do projeto, reduzindo desperdícios e maximizando a eficiência desde a fase de conceção até à fase de FM.

1.2. Problemática

Um estudo da *Mcgraw-Hill Construction* datado de 2008 (Construction, 2008), em que é realizado o levantamento de informações de cerca de 300 utilizadores da tecnologia BIM, concluiu que a utilização do BIM assentava nomeadamente, em: mapas de quantidade 57%; planeamento de construção 45%; orçamentação 44%; análise energética 38%; gestão de projetos 35%; análise estrutural 32%; *Facility Management* 18%. O uso do BIM para suporte às operações de FM está ainda na sua infância e as ferramentas só recentemente começam a ser colocadas no mercado (Eastman *et al.*, 2011). Aliado à recente importância obtida pela especialidade de FM, seria expectável uma taxa de adoção da tecnologia BIM inferior aos outros campos.

Erradamente FM não é transposta para além de operações de gestão de custo, em vez de constituir um método para atingir objetivos estratégicos e de competitividade (Pitt e Hinks, 2001). Um dos principais entraves à adoção de FM por parte das empresas é a impercetibilidade do lucro gerado através da gestão do edificado, uma vez que o lucro pode advir de variadas áreas como por exemplo, o conforto dos utilizadores, durabilidade do edifício ou manutenções de equipamentos eficientemente planeadas. Várias empresas reavaliaram as contribuições de FM em potenciar o sucesso do seu negócio, reconhecendo as consequências de instalações fracamente geridas e procurando o valor que pode ser acrescentado através de planeamento e gestão eficiente (Alexander, 1996). Num ambiente económico desfavorável como aquele em que vivemos, torna-se oportuno e até imperativo a prática de FM.

O desempenho e os conteúdos de FM não são novos. Nova é a filosofia de racionamento dos custos dos imóveis em relação ao seu ciclo de vida total (Pietersen, 2008):

- Utilização eficiente de custos e potencial de racionalização;
- Serviços de inovação;
- Otimização e inovação dos processos;
- Criação de uma organização eficiente;
- Melhoria da qualidade da utilização e da produtividade do trabalho.

O edificado ocupa um intervalo entre 25% a 45% no património líquido das empresas (Erdener, 2003) e é na fase de manutenção e operação que os custos relativos ao edificado são preponderantes, sendo que o *Construction Specification Institute* (2008) aponta a um custo decorrente da manutenção/exploração de edifícios que ascende a 80% do custo total no ciclo de vida dos edifícios. Com a expansão do uso do BIM por parte da indústria AEC, a criação e partilha de documentos eletrónicos nas fases de planeamento e construção dos projetos vem também aumentando, é essa informação que mais valor possui para a especialidade de FM, permitindo detalhar as propriedades de equipamentos instalados no edifício facilitando a consulta de informação e planeamento das operações de FM. Este é o próximo passo na gestão de todo o ciclo de vida de um edifício com o auxílio do BIM. Vários autores (Grilo e Jardim-Gonçalves, 2010); (Redmond *et al.*, 2012);

(Goedert e Meadati, 2008); (Gu e London, 2010), sublinham o interesse do BIM para a fase de manutenção/exploração dos edifícios. No entanto este tema apenas é apresentado como um subproduto da investigação dos autores, que se centraliza na fase de projeto e construção, existindo escassos resultados para a fase de manutenção/operação, e consequentemente investigação orientada para a quantificação dos benefícios de BIM para a fase a que se propõe este estudo.

Com base nos pontos fortes do BIM, promoção da colaboração interdisciplinar, apoio-à-decisão, aumento da eficiência em gestão de projetos, este trabalho tem como objetivo dar uma resposta quantificada às mudanças introduzidas nas equipas internas e empresas dedicadas a FM perante a integração do BIM nas suas operações.

1.3. Questão Central de Investigação

Pretende clarificar-se e adicionar conhecimento para a temática da gestão de todo o ciclo de vida das edificações com o auxílio de BIM, ambicionando a resposta à seguinte questão: De que forma pode o BIM ser implementado nos processos intraorganizacionais de equipas ou entidades de FM de modo sustentável e generalizável? Quais os benefícios e desafios associados?

1.4. Hipóteses de Estudo

As hipóteses de estudo apresentam-se de seguida.

- BIM pode ser aplicado a instalações existentes, que não tenham sido previamente modeladas como objetivo de realizar FM;
- BIM aumenta a eficiência na alteração/atualização e gestão da informação de projeto que advém da exploração e manutenção dos edifícios;
- BIM melhora o ambiente colaborativo entre departamentos;
- BIM reduz os custos de exploração/manutenção de edifícios.

1.5. Objetivos Parciais

Os objetivos parciais para que se consiga a resposta à questão central de investigação e confirmar as hipóteses de estudo são apresentados de seguida.

- Modelação *as-built* de um edifício em fase de operação/manutenção;
- Mapeamento dos processos de comunicação intraorganizacionais existentes numa empresa de FM;
- Mapear as alterações nos processos de comunicação e operação resultantes, e avaliar os seus benefícios;
- Fazer análise e proposta de estado futuro com a integração de BIM nos processos de gestão, comunicação e operação, comparando com os processos tradicionais;

2. ESTADO DO CONHECIMENTO

Neste capítulo serão expostos os conceitos que dão corpo a este estudo, evidenciando-se a relação entre eles. Por conseguinte, será realizada a exposição da temática BIM e *Facilities Management* mas, mais importante do que a exposição de cada um deles, será o potencial de ligação entre eles que interessa explorar, salientando o campo de aplicação que ambos partilham e ainda de que forma BIM contribui para a área de *facilities management*.

2.1. BIM no Contexto da Construção

Um modelo BIM pode ser percecionado sob diferentes perspetivas, nomeadamente: ferramenta de modelação; ferramenta de comunicação; colaboração individual no projeto; representação de um modelo; colaboração em projeto (Cerovsek, 2011).

Num modelo BIM, embora os componentes e suas instalações sejam representadas tridimensionalmente, não é apenas uma ferramenta que permite a visualização 3D de um edifício. Num modelo BIM reside uma extensa base de dados de todos os constituintes, sendo aplicadas relações paramétricas e geométricas entre esses constituintes, permitindo efetuar cálculos de estruturas, instalações especiais e análise energética. Estas características resultam em informação precisa e não redundante, já que todas as alterações ao edifício são atualizadas automaticamente em qualquer peças desenhada, quer sejam cortes plantas ou alçados ou mapas de quantidades, criando processos de trabalho coordenados e colaborativos (Eastman *et al.*, 2011).

BIM pode ainda ser definido como uma ferramenta, uma plataforma ou um ambiente. Como ferramenta, BIM pode ser utilizado como uma aplicação informática de uso específico para produzir um determinado resultado. Como ferramenta, concentra-se na produção de peças desenhadas, especificações, estimativa de custos, deteção de conflitos, análise energética, calendarização e visualização. O resultado produzido pode residir isolado sem interligação com outras ferramentas informáticas, como os desenhos ou relatórios, e pode ainda ser exportável para outras aplicações, tornando possível uma vasta análise da informação, desde mapa de quantidades a orçamentos. Como plataforma a identidade BIM estende-se para além da simples ferramenta, sendo usado como repositório da informação do edifício, contendo a “matéria-prima” utilizada por outros sistemas de informação. BIM pode depois ser inclusive percecionado como um ambiente, potenciando novas formas de colaboração nas organizações, sendo um veículo de transmissão de informação e gestão de dados, suportando a criação e implementação de práticas intraorganizacionais (Eastman *et al.*, 2011).

No entanto a visão de um modelo integrado e paramétrico de um edifício não é nova. Nos anos 80 (Björk e Penttilä, 1989) propuseram cinco requisitos para um sistema BIM, a saber: (1) inclusão de toda a informação relacionada com edifícios; (2) cobertura das necessidades de informação dos intervenientes dos projetos; (3) eliminação da redundância; (4) independência de *software*, (5) independência de formatos eletrónicos, antecipando os problemas de interoperabilidade ainda presentes nos dias de hoje. Na indústria AEC os diversos modelos de representação de um edifício do ponto de vista do ciclo de vida: “*as-required; as-designed; as-planned; as-built; as-used; as-altered; as-demolished*” (Gielingh, 1988) têm pontos de sobreposição e continuidade, em que cada interveniente usa informação e análises de outro, quer sejam arquitetos engenheiros ou *facility managers*. Este facto levou à criação de um modelo único para uso dos vários intervenientes na comunicação em projeto, de nome “*Building Product Modelling*” (Eastman, 1999), posteriormente designado por BIM.

A sensibilização da indústria AEC/O para a metodologia BIM tem vindo a crescer, à medida que a investigação das suas capacidades ganha expressão a nível mundial, resultado das investigações conduzidas por académicos como Charles Eastman (arquiteto pela Universidade da Califórnia, em Berkeley, professor no *College of Architecture and Computing*, do Instituto de Tecnologia da Georgia (*Georgia Tech*)). Foi um dos pioneiros no desenvolvimento de sistemas gráficos para Arquitetura e Engenharia Civil, sendo responsável pelo desenvolvimento de pesquisas em modelação paramétrica, bases de dados para a engenharia, interoperabilidade e BIM. Lucio Soibelman atualmente professor na Universidade da Carolina do Sul (*University of South Carolina*) tem como foco da sua pesquisa a gestão de dados, sensores, sistemas avançados de infraestrutura, inteligência artificial e data mining. É ainda presidente editor da *American Society of Civil Engineering* (ASCE) e do *Journal of Computing in Civil Engineering*.

A investigação BIM tem encontrado sinergias com metodologias de produção e construção *lean* e *Last Planner System* (LPS) (Sacks *et al.*, 2010); (Gurevich e Sacks, 2014), e em Portugal (Clemente, 2012). Estudos baseados nas capacidades de repositório de informação de BIM têm surgido, nomeadamente: Análise e verificação automática de regulamentação de emergência e evacuação (Choi *et al.*, 2014); Análise automática, estática e dinâmica de segurança a ameaças aos edifícios (Porter *et al.*, 2014); Verificação automática de regras de segurança na construção (Zhang *et al.*, 2013); Simulação de projetos fotovoltaicos (Gupta *et al.*, 2014)

BIM proporciona a mudança de processos organizacionais galvanizando o potencial das empresas e da força de trabalho para produzir documentação para a construção e gestão dos edifícios, permitindo um considerável aumento de produtividade das equipas de projeto, facilitando as tomadas de decisão pela qualidade da informação. A coerência, consistência e rigor contrastam com o modelo tradicional na construção. BIM é, por conseguinte, uma nova maneira de abordar o projeto

construção e manutenção de edifícios, sendo um conjunto de políticas interativas, processos e tecnologias, gerando metodologias para gerir as informações e dados dos edifícios, em formato digital ao longo do seu ciclo de vida (Succar, 2009).

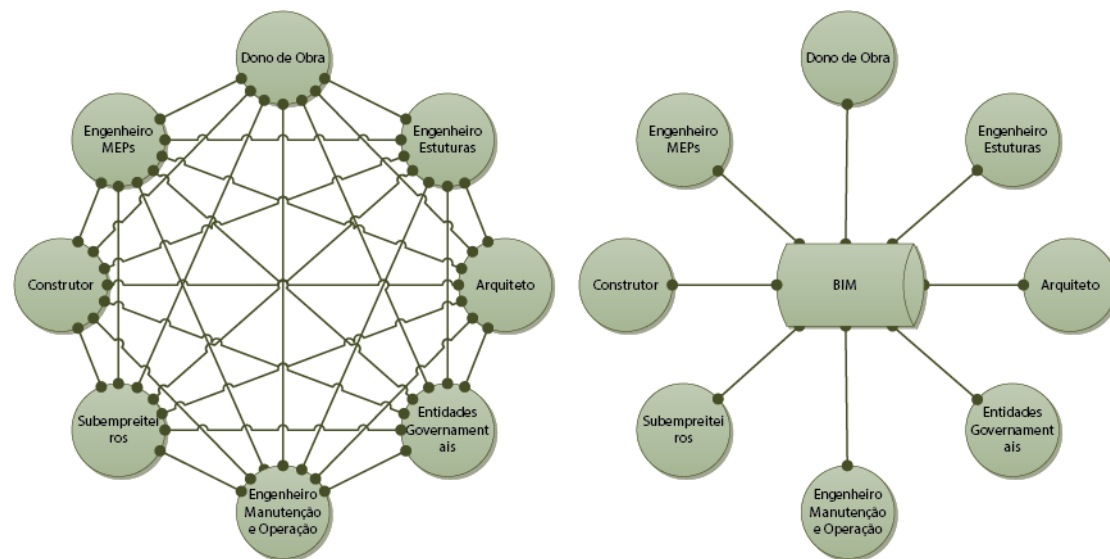


Figura 2.1 - Transformação de Processos na Indústria da AEC/O. (esquerda) os canais de comunicação no método tradicional. (direita) método BIM. (Eastman et al., 2011)

Na Figura 2.1 está patente a transformação de processos organizacionais das empresas da indústria da construção e operação, por via da representação dos canais de comunicação e os seus nós de receção e envio de informação. Podemos observar que o método tradicional está sujeito a mais erros e mais variação e, como modelo muito mais complexo, conduz a uma maior probabilidade de erros nas fases iniciais que só serão detetados durante a construção, como incompatibilidades das várias instalações especiais com a arquitetura. A transformação de processos nas empresas de construção decorrentes da integração de BIM, também foi estudada em Portugal por (Parreira, 2013), cujo estudo revelou facilidade na implementação de BIM nas empresas de construção portuguesas, atingindo benefícios de 65% face ao método tradicional da indústria. Com BIM a indústria da construção centraliza-se num único repositório de informação, levando a maior eficiência, reduzindo os canais de comunicação, diminuindo a variabilidade nos projetos e mitigando os erros de transmissão de informação. Ao permitir detetar problemas nas fases iniciais, reduzem-se ainda os pedidos de informação e o custo dos projetos. Estes benefícios de BIM foram demonstrados por (Barlisch e Sullivan, 2012). Nos casos de estudo considerados nesse trabalho, os pedidos de informação durante a construção descenderam em 50% e os resultados económicos derivados da diminuição do tempo de projeto e construção ascenderam a 67% (baseados na duração expectável do projeto seguindo o método tradicional). Embora os custos de investimento tenham sido consideráveis (valor médio de 30% na fase de projeto), os gestores das empresas do caso de estudo consideram, que os benefícios e a redução de custos do desenvolvimento de projetos flexíveis, superam a médio/longo prazo os investimentos e os riscos associados à implementação desta tecnologia.

Apesar de tanto os benefícios como as capacidades de BIM estarem bem detalhados na literatura, a sua adoção por parte da indústria não tem seguido o mesmo ritmo.

2.2. A Adoção de BIM

De acordo com (Rogers, 2010) a adoção de novas tecnologias é um processo constituído por várias etapas. Em primeiro lugar, há que ter o conhecimento da existência da tecnologia e a perceção desta. De seguida é necessário uma postura “*open mind*” em relação à tecnologia. Posteriormente segue-se uma etapa de decisão entre a adoção e a rejeição. Depois da etapa de decisão, sucede-se o uso da tecnologia, que eventualmente leva à confirmação da adoção se a sua performance estiver em linha com o esperado. Podemos citar o comunicado de imprensa da *National Building Specification* (NBS, 2012) que refere um aumento do uso de BIM, de 13% em 2010 para 31% em 2012. Estes resultados demonstram que a sensibilização e a perceção de BIM para a indústria está a aumentar. Refere-se ainda nesse comunicado, que 63% dos profissionais consideram que o investimento é ainda demasiado elevado para a implementação imediata, sendo que no sul da Europa e Europa Central, o maior obstáculo identificado é a escassez de tempo das empresas para avaliar os benefícios (Middlebrooks, 2011). A indústria tem dificuldades em “abraçar” BIM, devido à forte resistência à mudança. Os seus intervenientes, ainda operam sobre processos baseados em documentos em papel, a transição de um para outro, baseado na interoperabilidade e fluxo de informação digital, apresenta uma dualidade de riscos e benefícios (Eastman *et al.*, 2005). A variação na adesão de BIM por parte da indústria da construção deve-se a um conjunto de fatores tais como a natureza fragmentada da indústria (Johnson *et al.*, 2003); (Babič *et al.*, 2010), a resistência à mudança das práticas e processos estabelecidos, a hesitação na aprendizagem de novos conceitos, tecnologias e a falta de responsabilidades hierárquicas bem definidas (Gu e London, 2010). Acrescentar às barreiras da adoção de BIM, existe ainda a componente organizacional das empresas de construção. O abandono dos processos de trabalho estabelecidos, com os quais todos os intervenientes estão familiarizados, é percecionado como risco de implementação, a exigir a alocação de recursos para a resolução de conflitos e problemas associados à tecnologia (Eastman *et al.*, 2005). Note-se que o ambiente de operação das empresas da indústria é limitado, sendo realizado maioritariamente no local da própria construção, o que dificulta o controlo e coordenação da obra. Apesar do desenvolvimento de nova maquinaria e equipamento, as operações das empresas continuam a ser na grande maioria artesanais.

Outro aspeto relacionado com a adoção e implementação de BIM são os seus níveis de maturidade (*stages*), campos (*fields*), e disciplinas (*lenses*) (Succar, 2009). A par do desenvolvimento BIM, as empresas vão adotando as ferramentas desde um nível inicial até ao uso de todas as potencialidades da plataforma. Os níveis de maturidade ou *stages* representam os desafios que as empresas da indústria AEC/O necessitam de superar gradualmente. Os campos ou *fields* represen-

tam os principais atores e dividem-se na área da tecnologia, processos e regulamentos. As disciplinas ou *lenses*, cada uma gerando vistas de análise distintas no domínio BIM (arquitetura, estrutura, redes de águas, sistemas de incêndio, sistemas de gás, AVAC, etc..).

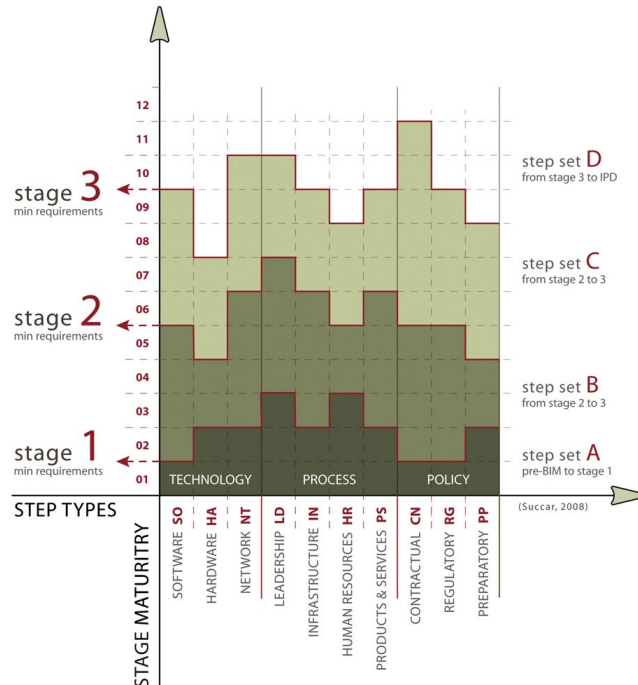


Figura 2.2 - Etapas BIM necessárias à evolução para um novo nível BIM (Succar, 2009)

Pela Figura 2.2, é possível perceber que a evolução para um novo nível BIM requer um esforço integrado por parte das empresas, englobando várias áreas categorizadas pelos diversos campos, desde o *software*, recursos humanos a políticas regulamentares. Estas condicionantes necessitam de ser avaliadas no próprio ambiente organizacional, sendo o objetivo da empresa que adota e implementa BIM, a criação da sua própria infraestrutura. Ao atender a estes requisitos as empresas, vão avançando no modelo de maturidade, passando do estado pré-BIM, que representa o uso das tecnologias e processos tradicionais, para a modelação BIM, onde os intervenientes criam modelos individuais. Posteriormente segue-se o nível de colaboração entre os intervenientes, até à integração total numa plataforma comum, resultando no IPD, que integra pessoas, sistemas, áreas de negócio e práticas de comunicação.



Figura 2.3 – Etapas que conduzem ou separam diferentes níveis de maturidade BIM (Succar, 2009)

2.3. Modelação nD

Um modelo é uma representação simplificada com o intuito de descrever problemas e soluções. Um modelo BIM é então a representação gráfica e digital de um edifício real para a comunicação em projeto, durante todo o ciclo de vida. Uma representação física e tangível de um edifício de um ponto de vista temporal, pode ser representado por três modelos: “*como era*”; “*como é*” e “*como será*” (Cerovsek, 2011).

Um modelo nD é definido como uma extensão do *building information model*, incorporando múltiplos aspetos da informação de projeto necessários em cada etapa do ciclo de vida de uma infraestrutura. Ferramentas de modelação nD, consistem numa série de aplicações informáticas multidisciplinares que acedem a um modelo nD, através de um formato de dados *standard* e interoperável (Lee *et al.*, 2003). Esta noção conduz-nos para o *design* “nD”, que é uma abordagem holística e centralizada da informação necessária para um projeto. Permite que uma equipa esteja a par da informação em tempo útil, pois representa o ponto central através do qual os intervenientes da indústria comunicam de forma interdisciplinar, melhorando o ambiente colaborativo (Marshall-Ponting e Aouad, 2005). Reduz-se o desperdício e ruído da informação, dado que, é reduzido o número de intervenientes que transferem a informação original, para um recetor secundário ou terciário (Figura 2.1). Assim, um modelo BIM pode estar contido nas dimensões 3D 4D, 5D e 6D.

A modelação BIM 3D é a representação das características geométricas do edifício ou infraestrutura incluindo as características, a parametrização dos seus constituintes e as relações.

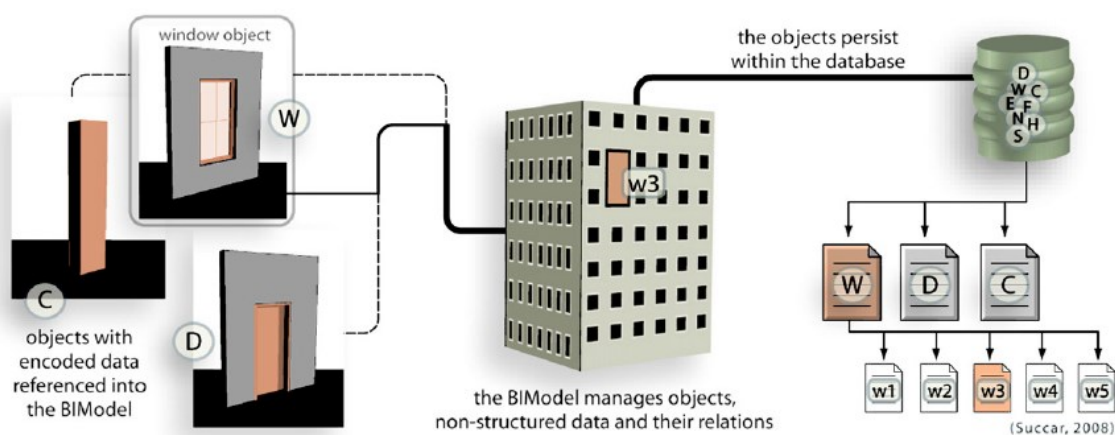


Figura 2.4 - Modelação 3D e sua parametrização (Succar, 2009)

A modelação BIM 4D/5D (Figura 2.5 e Figura 2.6) corresponde à sobreposição do tempo e custos ao modelo 3D, interligando ferramentas específicas para o efeito, podendo representar-se grafica e simultaneamente elementos permanentes e temporários com a calendarização das atividades de construção. É possível visualizar virtualmente as etapas da construção identificando *bottle-necks* e analisando diferentes cenários, antecipando problemas e incompatibilidades que possam surgir, resultando num planeamento eficiente. BIM permite aos engenheiros de obra criar, avaliar e editar os modelos mais frequentemente o que origina uma calendarização mais precisa e fiável (Eastman *et al.*, 2011). Podem ainda integrar-se recursos, índices de produtividade, custos de mão-de-obra e controlo da produção. As ferramentas 4D/5D trabalham sobre a informação paramétrica do modelo 3D, sendo a transmissão de informação da fase de projeto para a fase de planeamento e posterior construção mais eficiente. Posteriormente existe outra dimensão de modelação BIM, o 6D, que está associada à etapa de exploração/manutenção do ciclo de vida dos edifícios.

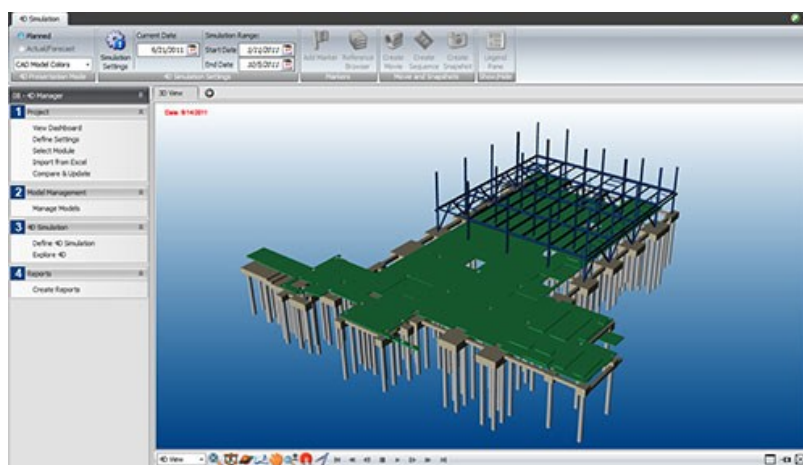


Figura 2.5 - Vico Office Planner

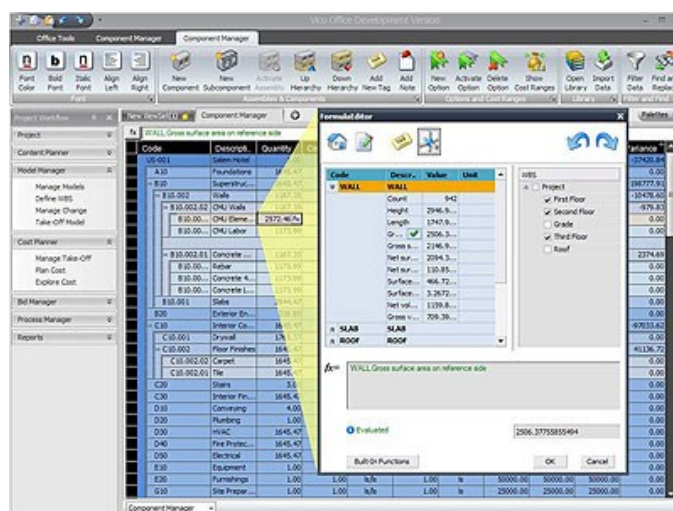


Figura 2.6 - Vico Cost Planner

2.4. *Facilities Management* ou Gestão de Edifícios

A gestão de edifícios pode ser definida como o conjunto de ações e procedimentos que é necessário afetar a um edifício após a sua construção de forma a otimizar o seu desempenho (Rodrigues, 2001). No entanto, existem divergências quanto à definição de FM, tal como, é preconizado por vários autores. As interpretações mais comuns de FM remetem para a gestão da manutenção, gestão do espaço, gestão de projeto para construção nova e alterações, gestão de portfólios de edifícios e administração de serviços de suporte (Hinks e McNay, 1999). FM é ainda identificada, como sendo um método integrado de manter, melhorar e adaptar os edifícios de uma organização que suporta os objetivos primários daquela organização (Barrett e Baldry, 2009). A BIFM define ainda FM, como sendo a integração de processos dentro da organização para manter e desenvolver os serviços acordados que suportam e aperfeiçoam a eficiência das suas atividades primárias. Os *facilities managers* são responsáveis por coordenar e gerir uma vasta gama de especialidades, propriedades e terrenos, regulamentação de alojamento, construção e alterações, SI, serviços de suporte à organização e fatores humanos (Bell, 1992) *apud* (Noor e Pitt, 2009).

FM pode ser dividida em vários níveis, sendo que no nível mais baixo estão incluídas as operações diárias que suportam a organização nos seus objetivos, como manter e reparar os componentes dos edifícios. Ao nível superior ou nível estratégico, a disciplina de FM coordena a gestão de recursos de projetos das edificações, envolvida em tomadas de decisão (Alexander, 1996). A manutenção e gestão de edifícios é composta por uma vasta gama de especialidades distribuídas por diferentes campos e focos de atuação (Figura 2.7).



Figura 2.7 – Atividades de Gestão de Edifícios adaptado de (Rodrigues, 2001)

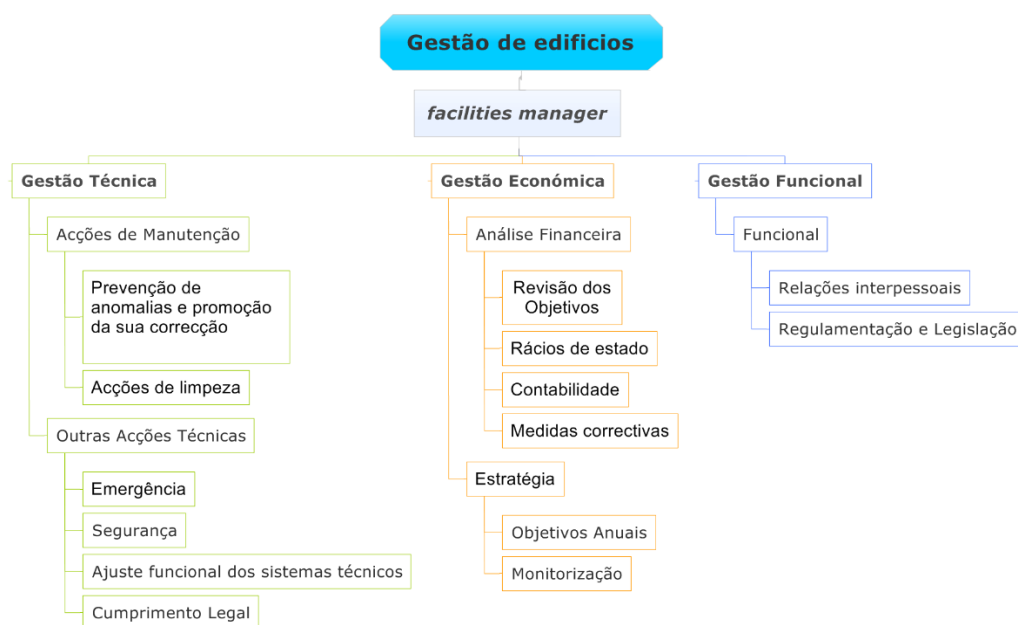


Figura 2.8 – Atividades do *facilities manager* adaptado de (Rodrigues, 2001)

Por consequência as atividades e especialidades do *facility manager* são também diversificadas (Figura 2.8). Fica também patente pela mesma figura que um *facility manager* necessita de um variado conjunto de informações que sirvam de suporte às suas tomadas de decisão, cujas atividades se focam e se interligam nas vertentes da gestão técnica, gestão económica e gestão funcional.

A gestão técnica, composta por atividades baseadas em determinados padrões, engloba todo o tipo de ações com o objetivo de garantir o funcionamento do edifício. É a área de atuação que mais está ligada à engenharia e é definida por Rodrigues, como a globalidade de procedimentos implícitos na manutenção (Rodrigues, 1989).

A gestão económica, está associada à gestão de custos decorrentes da exploração do edifício, avaliação de projetos de alterações ou modificações e substituição de equipamentos, por forma a garantir que o edifício mantenha os seus níveis funcionais durante o seu ciclo de vida, equilibrando os fluxos económicos necessários à utilização do edifício (Rodrigues, 2001).

A gestão funcional é inerente ao fenómeno social de uso e ocupação de um edifício. Cabe ao *facility manager* definir regras e enquadrar comportamentos, de forma a permitir a satisfação das necessidades comuns dos utentes (Rodrigues, 1989).

Retomando a separação por níveis de atuação da gestão de edifícios proposta por (Alexander, 1996), ao nível operacional, num contexto da manutenção técnica dos equipamentos e instalações do edifício, surge a necessidade da gestão da manutenção. Assim a gestão da manutenção corresponde ao nível operacional da área holística de FM. A norma NP EN 13306 (2007) define a gestão da manutenção como sendo “todas as atividades de gestão que determinam os objetivos, a estratégia e as responsabilidades respeitantes à manutenção e que os implementam por diversos meios tais como o planeamento, o controlo e supervisão da manutenção e a melhoria de métodos na organização, incluindo os aspetos económicos”. O técnico responsável pelo funcionamento (TRF) representa a entidade que decide na área da gestão da manutenção, comunicando com o gestor do edifício ou com a empresa que o detém. A gestão da manutenção segundo (Wireman, 2005) e na perspetiva de um edifício de serviços, tem por objetivos:

- Maximizar o nível de serviço ao menor custo possível;
- Identificar e implementar iniciativas de redução de custos;
- Otimizar os recursos disponíveis para a manutenção (humanos e materiais);
- Otimizar a vida útil do equipamento;
- Minimizar o consumo de energia;
- Minimizar o *stock* de consumíveis, materiais e peças de reserva.

A gestão da manutenção assegura que os procedimentos e os objetivos na área da manutenção sejam cumpridos. Estes objetivos variam se a manutenção operar a nível industrial ou ao nível de um edifício de serviços ou habitacional. No primeiro caso, a manutenção integra um ambiente de produção, tendo por objetivo garantir que os equipamentos se mantenham funcionais para garantir a produtividade e os níveis de produção definidos, reduzindo o número de defeitos dos produtos e aumentando a fiabilidade dos equipamentos. Por outro lado, no caso da manutenção de edifícios, a gestão preocupa-se sobretudo com a garantia do cumprimento das exigências legais, gestão da qualidade do ar interior e gestão energética, assegurar a máxima disponibilidade dos equipamentos e sistemas, garantir consumos energéticos mínimos, qualidade ambiental, resolução rápida de avarias, gerindo os *stocks* de materiais e equipamentos e também a mão-de-obra do pessoal operacional.

Do ponto de vista operacional e no que toca ao pessoal que compõe a estrutura da manutenção, existem quatro opções, segundo (Wireman, 2005):

- Equipa interna;
- Misto de equipa interna e pessoal contratado;
- Apenas pessoal contratado;
- Contrato completo de manutenção (*outsourcing*).

Na atividade de manutenção, existem várias estratégias para garantir e manter o comportamento satisfatório do edifício, ou dos seus equipamentos e constituintes. Essas estratégias estão explicitas na Figura 2.9.

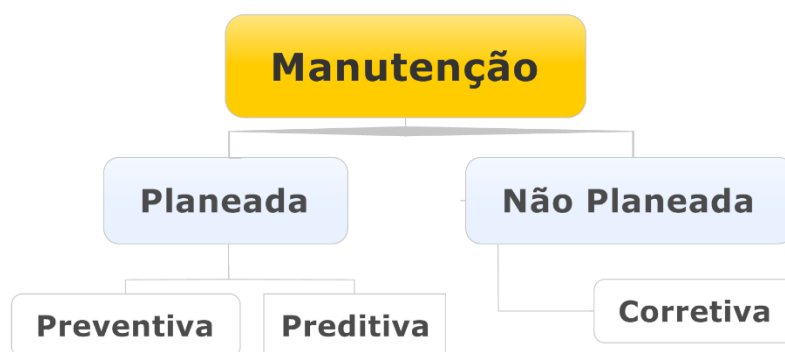


Figura 2.9 - Estratégias de Manutenção

Entende-se por Manutenção Corretiva as atividades para restituir a condição e serviço com plena garantia de qualidade e segurança às instalações, geradas por avarias ou perdas de rendimento intempestivas. As OT's de Manutenção Corretiva são geradas em consequência de avarias fortuitas, inspeções regulamentares e reparações identificadas como oportunas para o bom funcionamento das unidades produtivas.

Entende-se como Manutenção Preventiva as atividades que, respondendo a uma programação previamente estabelecido (Plano de Manutenção Preventiva), são realizadas sobre os equipamentos com o objetivo de evitar consequências não desejadas sobre os ditos equipamentos.

Incluem-se as atividades que sendo de carácter regulamentar ou de carácter preventivo respondem a uma programação previamente estabelecida no Planeamento de Longo Termo (PLT) e realizam-se em equipamentos estáticos e dinâmicos.

Como consequência do conhecimento das intervenções realizadas, o Plano de Manutenção Preventiva poderá ser modificado procedendo-se à revisão do âmbito ou da frequência das atividades preventivas.

Entende-se como Manutenção Preditiva aquelas atividades que respondendo a uma programação previamente estabelecida, são realizadas aplicando técnicas de predição de avarias sobre equipamentos dinâmicos, rotativos, e estáticos em funcionamento, com o objetivo de evitar avarias e efeitos não desejados sobre os equipamentos.

Para que esta metodologia seja eficaz, há que ter a capacidade de estabelecer pontos de alerta, interpretar os dados colhidos pelas diferentes técnicas de diagnóstico, relacionando-as com potenciais avarias ainda que num estado incipiente e emitir recomendações com uma perspetiva temporal para a intervenção e alteração do plano de rotinas e melhorias a aplicar em equipamentos.

As diferenças da manutenção preditiva e preventiva surgem do facto de que, na manutenção preditiva, as informações relativas ao equipamento provém do controlo efetivo da condição do equipamento e não das recomendações do fabricante, o que leva a que os trabalhos num equipamento apenas aconteçam após evidências claras dos dados provenientes da sua operação (Swanson, 2001). É então, uma filosofia de atuação que usa dados diretos dos equipamentos e sistemas para otimizar as operações (Moble, 2002).

Em manutenção, especialmente em manutenção continuada associada a contratos de atuação e resolução de anomalias, é importante referir os *Service Level Agreement* (SLA). Um contrato SLA tem por objetivo manter um nível de serviço, nos serviços contratados. Um contrato SLA está definido em termo europeus, como um acordo entre o cliente e o fornecedor entre a performance e as condições pela qual o serviço é prestado (CEN, 2006). Normalmente estes contratos tem associados tempos de resposta às anomalias e tempos de reparação, em função da prioridade atribuída às intervenções

2.5. Sistemas de Gestão da Manutenção

Sendo a manutenção uma área que comporta diversas atividades, sejam elas de recursos humanos, finanças, engenharia, existe a necessidade de incorporar a informação da atividade de manutenção num *software* que seja capaz de interligar, ordens de trabalho (OT) com os materiais que são gastos, definir prioridades de intervenção, e ainda gerar informação que permita analisar o desempenho. Estas tarefas, hoje em dia, são realizadas com ajuda de *software* dedicado à prática da manutenção, denominados por *Computerized Maintenance Management Systems* (CMMS) ou *Computer aided Facility Management* (CAFM). Tipicamente um *software* CMMS/CAFM funciona sobre uma base de dados de informação acerca das operações de manutenção de uma organização. O objetivo deste sistema é ajudar os intervenientes da manutenção a realizar os seus trabalhos de forma mais eficiente e ajudar a gestão na decisão. Alguns sistemas permitem o envio de OT para os operacionais por via eletrónica sendo o recetor um *Personal Digital Assistant* (PDA) ou mais recentemente um *smartphone*. Essa OT “eletrónica” contém a informação necessária para se realizar o trabalho desde materiais a ferramentas e o item/equipamento a que se refere. Depois do trabalho concluído, a OT é assinada e depois fechada automaticamente pelo *software*. Na Figura 2.10 está representado um sistema comum CMMS/CAFM, integrando os envios de OT para PDA ou *smartphones* e outras funcionalidades.

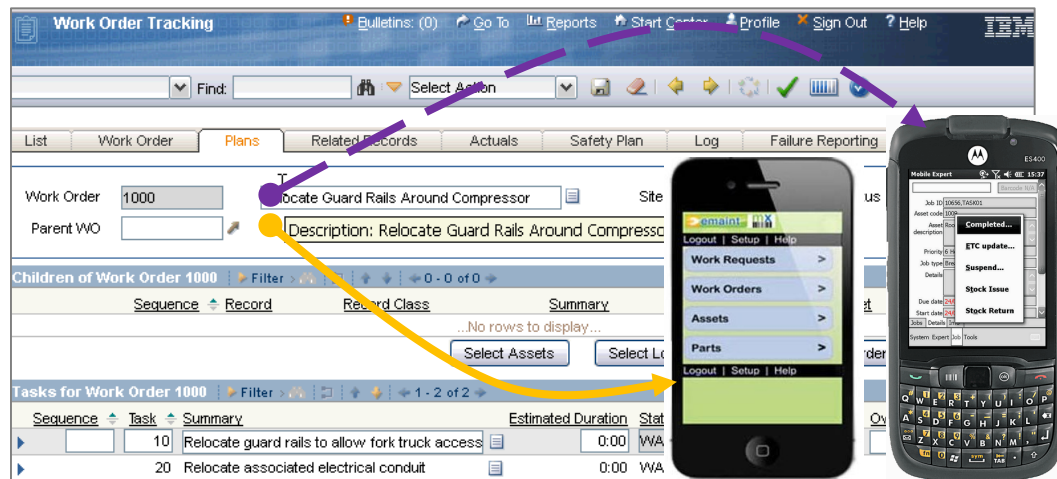


Figura 2.10 - *Software* Máximo da IBM

Pela pesquisa realizada na internet junto de fornecedores, as funcionalidades de interligação dos *softwares* CMMS/CAFM com os aparelhos móveis, sejam eles PDA ou *smartphone* são comuns e os *softwares* mais utilizados têm essa capacidade. No entanto, nenhum deste *software*, tradicional possui visualização em três dimensões, embora possibilitem a consulta de várias informações relativas aos equipamentos.

Em síntese, do exposto nesta secção, é evidente que a atividade de manutenção e as suas operações dependem fortemente da informação (Figura 2.11), englobando uma vasta gama de responsabilidades (Becerik-Gerber *et al.*, 2011) e acima de tudo que essa informação esteja prontamente disponível, seja fiável e precisa, para que as tomadas de decisão tenham uma base sustentada. Quanto mais fácil for o acesso á informação e quanto melhor a sua qualidade, menos tempo será gasto na sua procura ou na análise de informação divergente tão comum na fase de entrega de um edifício, ou seja, da construção para a operação/exploração, permitindo que os *facility managers* se foquem nas tomadas de decisão propriamente ditas, não havendo desperdício de tempo em atividades que não acrescentam valor. Está patente que BIM pode trazer exatamente esses benefícios para a disciplina de FM, da mesma forma que permitiu avanços consideráveis na partilha de informação entre os intervenientes da indústria da construção. Se os CMMS/CAFM trabalham sobre uma base de dados, é normal que BIM, sendo também uma base de dados, permita a criação de uma nova geração de *software* para a manutenção. O novo *software* de CMMS/CAFM integra-se com a base de dados de um modelo BIM levando à criação de uma dimensão de modelação 6D.

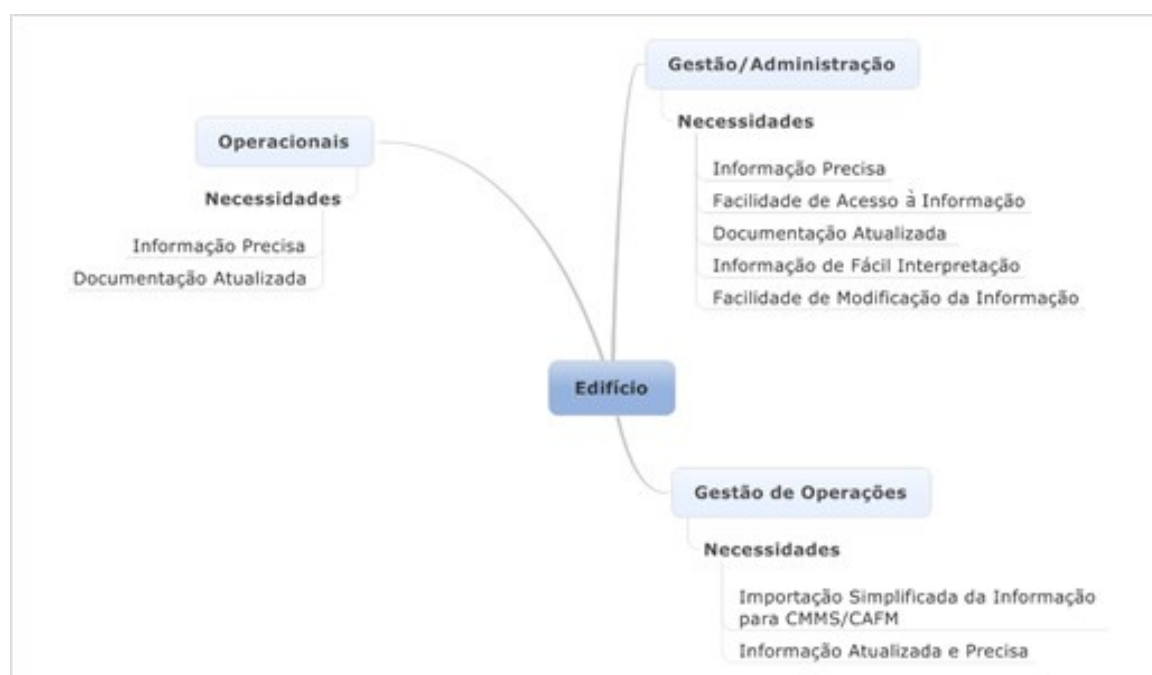


Figura 2.11 - Constituição da Organização da Manutenção e Necessidades

2.6. BIM e FM

A maioria das vezes, proprietários e intervenientes dos projetos focam-se nos custos de construção de um projeto. No entanto as etapas subsequentes de exploração e manutenção de um edifício ao longo do ciclo de vida constituem a maior fatia dos custos, sendo várias vezes superior aos custos de construção (Becerik-Gerber *et al.*, 2011). O estudo realizado por (Becerik-Gerber *et al.*, 2011) foca-se na estruturação e requisitos para a organização da informação, identifica áreas onde BIM pode ser utilizado quando integrado com *software* CAFM/CMMS, apesar das métricas para esses benefícios não estarem quantificadas.

Retomando a matéria exposta na secção 2.3, um modelo BIM 6D é um modelo adequado na perspetiva do dono do edifício e do *facility manager*. Devido à identidade de base de dados de BIM, a informação que o modelo contém pode ser consultada e interpretada por intervenientes na fase de exploração e manutenção. Na fase pós-construção do edifício, muitos dos atores chave da indústria não partilham as habilitações técnicas que engenheiros e arquitetos possuem na fase de conceção e construção do edifício (Figura 2.12). BIM pode então ser de grande valor, pelas suas características de acesso à informação eficaz, podendo ser usado por vários intervenientes da indústria pós construção: dono do edifício; agentes imobiliários; avaliadores de imóveis; advogados; seguradoras; *facility managers* e profissionais de segurança e higiene no trabalho. No campo da exploração e manutenção propriamente dito, BIM, pode ser usado para avaliar, simular e testar alterações e modificações, quer sejam arquitetónicas ou com vista a melhorar o desempenho energético, avaliações de impacto ambiental, análises de segurança e avaliação de riscos e gestão do espaço interno dos edifícios.

BIM pode facilitar as tarefas de um *facility manager* devido à informação confiável contida na sua base de dados e vistas integradas com diversos sistemas, permitindo analisar o edifício e aceder à informação de um modo rápido e preciso. Esta forma de gerir o edifício é bastante diferenciada daquela que se pratica hoje em dia, onde a base da informação está em ambiente CAD – *Computer Aided Design*, ou em formato de papel. BIM também permite a visão do edifício como um todo através das suas funcionalidades de representação em 3D do edifício e dos seus sistemas, descobrindo-se um potencial de suporte às operações de manutenção e planeamento das mesmas (Akcamete *et al.*, 2010).

Alguns benefícios explorados pela literatura incluem, a captura de informação “*as-built*” (Eastman *et al.*, 2011), informação relacionada com a garantia dos equipamentos (Becerik-Gerber *et al.*, 2011); características da qualidade do serviço, no que toca a propostas de alteração em que BIM torna possível uma compreensão mais precisa do produto final, assim como as propriedades expansíveis dos elementos do modelo no que toca à associação de parâmetros definidos pelo utilizador, podendo esses parâmetros representar o código do fabricante, o custo ou a data do último serviço (Arayici, 2008); avaliação e monitorização (Eastman *et al.*, 2011),

Estudos recentes de (Becerik-Gerber e Rice, 2010); (RICS, 2013) indicam que a utilidade de BIM sobressai em projetos de maior dimensão, embora, os primeiros autores refiram que o uso de BIM por parte dos donos ou *facility managers* é ainda reduzido. No primeiro estudo a adoção é de 1.2% e no segundo existe uma subida para 6%. Apesar da crescente adoção de BIM para FM na indústria da construção, ainda se mantém numa fase embrionária, carecendo de uma mudança de paradigma na indústria.

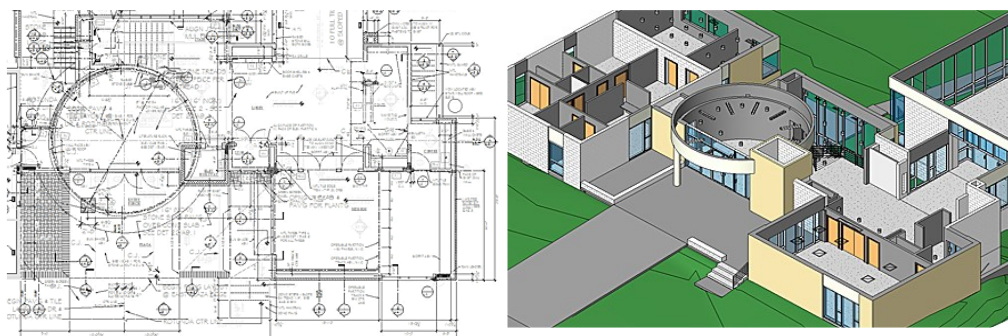


Figura 2.12 – Documentos tradicionais (esquerda) vs. Modelo BIM 3D (direita) (Sabol, 2008).

Considerando as potencialidades de gestão de todo o ciclo de vida do edifício (Figura 2.14), BIM prima pela transparência com que a informação é transmitida e entregue desde as fases de projeto até à fase de exploração, como se pode comprovar pela Figura 2.13 onde se visualiza o esforço e, com isso, o custo de produção de documentação relativa ao edifício. A linha inferior representa o método tradicional, onde se observa que em cada fase do ciclo de vida, vária informação é reintroduzida nos repositórios, perdendo-se o valor dessa informação, por erros e atividades que não acrescentam valor. É um processo não colaborativo e sequencial, sendo a informação repassada, confirmada e interpretada sucessivas vezes. Pode ainda ver-se que na fase de entrega a queda do valor da informação é drástica, isto porque muitas das vezes “*as-built*” documentado nas plantas, não é de facto representativo do estado real do edifício, havendo informação divergente quer em plantas quer em cortes. O *facility manager* é obrigado a realizar inúmeros levantamentos para documentar o estado atual do edifício e introduzi-los na base de dados do *software* CMMS/CAFM. Acresce ainda que a informação existente sobre os edifícios está distribuída em diversos formatos, fragmentando o repositório de informação e o conhecimento, numa clara diminuição de produtividade no processamento da informação e falhas na comunicação entre os intervenientes (Gursel *et al.*, 2009). A linha superior da mesma figura representa o método colaborativo de BIM associado ao IPD, em que o esforço de produção é crescente não havendo perdas de valor de informação. Sendo BIM uma base de dados partilhada com todos os intervenientes do processo construtivo, pode então com BIM diminuir-se em alguma quantidade o valor 15,8 mil milhões de dólares decretado pelo *National Institute of Standards and Technology* (NIST, 2004) associados à

interoperabilidade e reintrodução de informação nos sistemas de gestão, sendo que a maior parte desse valor reside na fase de exploração e manutenção contribuindo com \$2.70/m² para o custo global.

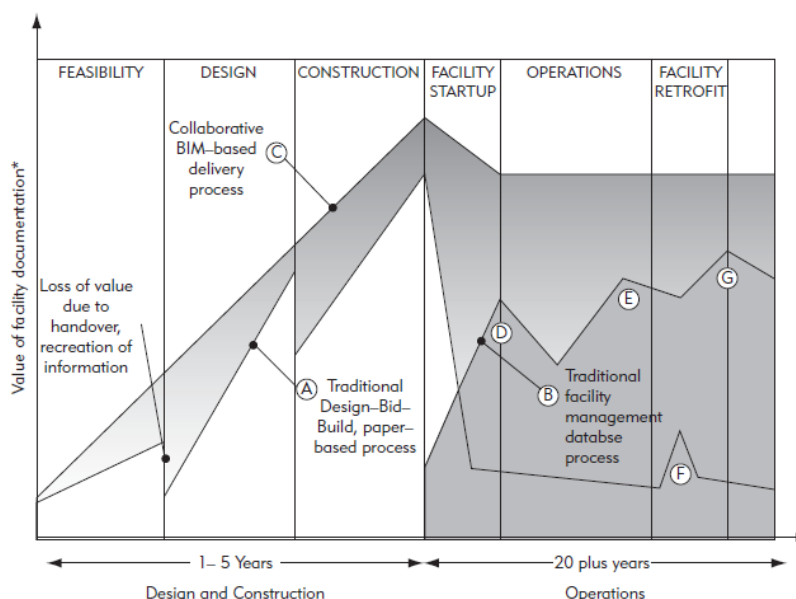


Figura 2.13 – Valor da informação no ciclo de vida (Eastman *et al.*, 2011)

Uma vez que os investimentos em nova construção são atualmente pouco significativos, BIM poderá ser também integrado em obras de reabilitação e alteração dos edifícios.

Isso é possível garantir através da modelação BIM de edifícios já existentes e posterior integração nos sistemas CAFM/CMMS, no entanto existem ainda alguns problemas de interoperabilidade entre o *software* CAFM/CMMS mais antigo, sendo que o novo *software* já está preparado para se integrar com o formato nativo da base de dados BIM. Será necessário capturar o estado “as-built” real do edifício e seus componentes, sendo que nos dias de hoje já é possível realizar esse levantamento através de várias ferramentas e técnicas. Através desses levantamentos é possível posteriormente modelar em BIM o edifício. As técnicas que permitem o levantamento “as-built” podem ser LiDAR (*Light Detection and Ranging*) ou LADAR (*Laser Detection and Ranging*) (Eastman *et al.*, 2011).

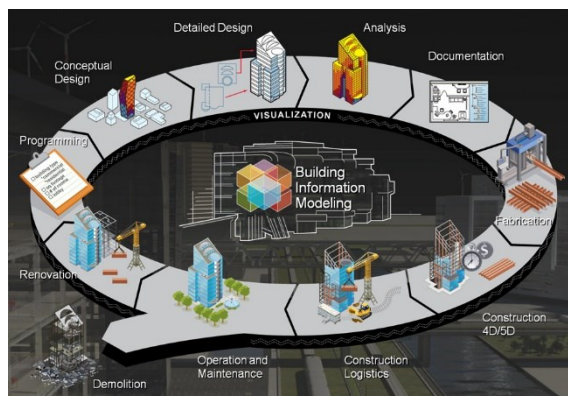
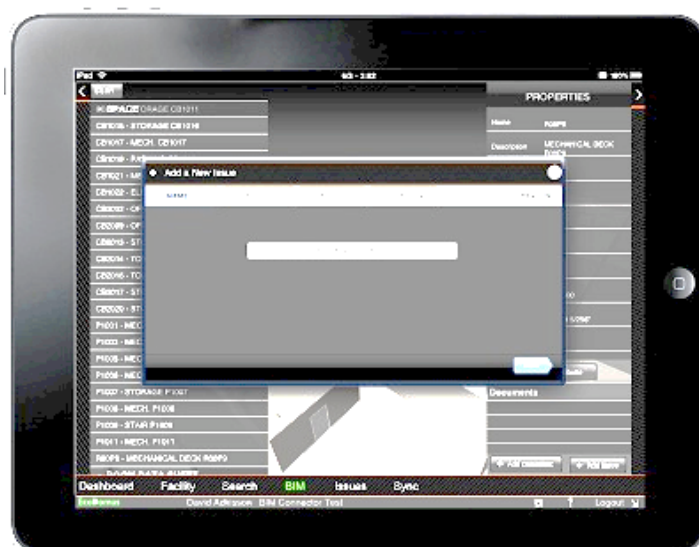


Figura 2.14 - Ciclo de Vida de um Edifício

Prevendo a influência de BIM no futuro da gestão de edifícios, fabricantes de *software* apostam na tecnologia BIM e desenvolvem produtos para a área de FM. Alguns fabricantes vão ainda mais longe, conseguindo a integração dos sistemas BAS – *Building Automation System* e GIS – *Geographic Information Systems*, diretamente na interface de trabalho da aplicação informática, tendo acesso aos dados em tempo real dos equipamentos e instalações do edifício. Integram ainda os sistemas CMMS/CAFM em *smartphones* ou *tablets* (Figura 2.15), que com a sua elevada capacidade de processamento, são capazes de processar um modelo BIM 3D sendo esta opção mais intuitiva que a informação possível de transmitir nas aplicações informáticas tradicionais apresentados na Secção 2.5. O *software* mais reconhecido na indústria é apresentado de seguida no Quadro 2.1.

Quadro 2.1 - Software BIM para FM

Aplicação Informática	Fabricante
FM:Interact	FM:Systems
ArchiFM	Graphisoft
Bentley Facilities	Bentley
Onuma System	Onuma Inc.
EcoDomus	EcoDomus
YouBIM	ENGworks


Figura 2.15 - Mobilidade do *Software* BIM e CMMS/CAFM (EcoDomus)

2.7. Outros Conceitos na Área BIM

2.7.1. COBie

Com o sentido de facilitar a entrega de documentação para a fase de exploração, foi ainda criado um formato padrão e aberto denominado por *Construction Operations Building Information Exchange* ou COBie. O objetivo é eliminar o custo da reentrada de informação no *software* CMMS/CAFM. Normalmente as entregas de informação são realizadas em CD ou mesmo por via de uma quantidade considerável de documentos em papel. Com COBie as informações relativas aos equipamentos e manuais de operação, que são geradas durante a fase de projeto e construção, são introduzidas neste formato, facilitando a transferência de informação. Consequentemente essa informação pode facilmente introduzida no *software* CMMS/CAFM se este tiver compatibilidade com o formato ou mesmo diretamente através de IFC (*Industry Foundation Class*). O objetivo de COBie é reter informação que vai sendo criada desde a fase de projeto até à fase de exploração. Os projetistas inserem a informação relativa aos sistemas, espaços e áreas e os construtores incluem o fabricante, o modelo, e números de série dos equipamentos instalados, para que se reduzam os custos inerentes a esta tarefa. Na Figura 2.16 está representado o procedimento de criação de um ficheiro com as especificações COBie.

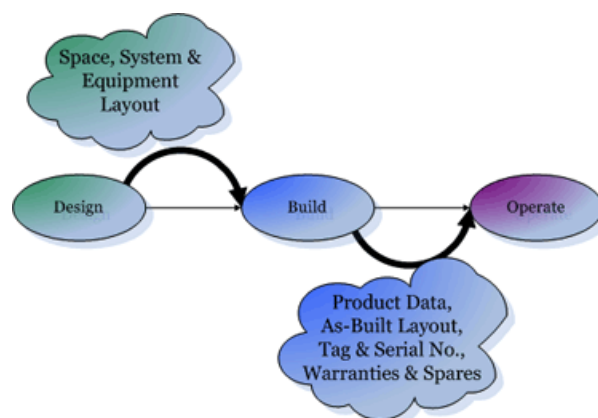


Figura 2.16 - Processo de Criação de COBie (WBDG, 2013)

O formato COBie pode ser construído através de uma folha de *excel* ou em formato *.xml* através do *CobieLite*. Esta folha de cálculo pode ser construída manualmente ou através de ferramentas que exportam automaticamente os dados IFC para a folha de cálculo. Na Figura 2.17 apresenta-se um exemplo de uma folha de cálculo contendo os dados e as especificações COBie.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Name	CreatedBy	CreatedOn	Category	ExSystem	ExObject	ExIdentifier	Description	Elevation
2	Foundations	Alan.Smith@ABCConstructio	2010-02-08T18:25:38	Site	Bentley Architecture	IfcBuildingSto	3ogrdrYrKH6out205XwVJED	Foundation	-1
3	Floor 1	Alan.Smith@ABCConstructio	2010-02-08T18:25:38	Floor	Bentley Architecture	IfcBuildingSto	0zMF6iQ50dv446%RV09B	Floor number 1	
4	Floor 2	Alan.Smith@ABCConstructio	2010-02-08T18:25:38	Floor	Bentley Architecture	IfcBuildingSto	0QUn4P8JH7mBadOTb16UE7	Floor number 2	
5	Rnnf	Alan.Smith@ABCConstructio	2010-02-08T18:25:38	Rnnf	Bentley Architecture	IfcBuildingSto	12FTviIrVPC5OuW8DAMRt56	Rnnf	

Figura 2.17 Folha de Cálculo COBie

2.7.2. LOD (Level of Development)

A especificação *Level of Development (LOD)* é uma referência que facilita aos intervenientes da indústria especificar o nível de clareza e confiança de modelos BIM através dos vários estágios do processo construtivo. É regulamentado através do documento publicado pela *American institute of Architects* (AIA, 2013) em conjunto com o BIMForum. Representa o grau de desenvolvimento de um elemento num modelo BIM, não só na sua geometria, mas também na informação que lhe está associada. Os níveis estipulados estão descritos no Quadro 2.2.

Quadro 2.2 - Especificação LOD

Level of Development	Descrição
LOD 100	O elemento pode ser graficamente representado no modelo com um símbolo ou outra representação genérica, mas não satisfaz os requisitos para LOD 200. As informações relacionadas ao elemento do modelo (ou seja, o custo por metro quadrado, a tonelagem de HVAC, etc) podem ser derivado de outros elementos do modelo.
LOD 200	O elemento é graficamente representado no modelo como um sistema genérico, objeto ou montagem com quantidades aproximadas, tamanho, forma, localização e orientação. Informações não-gráficas também podem ser associadas ao elemento.
LOD 300	O elemento é graficamente representado no modelo como um sistema específico, objeto ou um conjunto, em termos de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. Informações não-gráfico também podem ser associadas ao elemento.
LOD 350	O elemento é graficamente representado no modelo como um sistema específico, objeto ou montagem, em termos de quantidade, tamanho, forma, orientação e interfaces com outros sistemas construtivos. Informações não-gráficas também podem ser associadas ao elemento.
LOD 400	O elemento é graficamente representado no modelo como um sistema específico, objeto ou um conjunto em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação com especificações, fabricação, montagem, instalação e informação. Informações não-gráficas também podem ser associadas ao elemento.
LOD 500	O elemento do modelo é uma representação de campo verificada em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação. Informações não-gráficas também podem ser associadas aos elementos.

A especificação LOD define ainda requisitos mínimos para os níveis de desenvolvimento consoante o objeto a modelar em BIM. Por exemplo, na estação de distribuição de água, modelada abaixo, o requisito mínimo é LOD 300. De acordo com (BIMForum, 2014) a especificação permite:

- Ajudar as equipas, incluindo os proprietários, a especificar o conteúdo BIM para entrega obtendo-se uma imagem clara do que está incluído numa entrega BIM;
- Ajudar os gestores de projeto a explicar às suas equipas, a informação e detalhe que é necessário fornecer durante os vários estágios do projeto;
- Fornecer um padrão que pode ser incluído em contratos e planos de execução BIM.

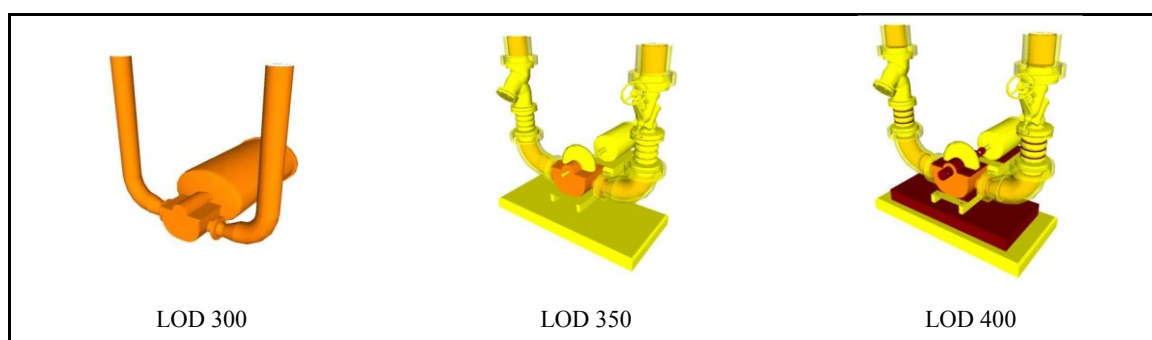


Figura 2.18 - Exemplo das diferenças do LOD adaptado de (BIMForum, 2014)

2.8. Considerações Finais

Podendo o BIM ser considerado uma ferramenta de gestão da informação durante o ciclo de vida de um edifício, é legítimo usá-lo para gerir dados e informação para as operações de manutenção que, com a introdução do formato *standard* para a partilha de captura de informação do edifício (COBie), tornou possível aos intervenientes da indústria AEC/O partilharem a informação para exploração/manutenção do edifício de uma forma estruturada. Aliado ao facto dos custos nesta fase ascenderem a valores consideráveis e de que uma grande parte está relacionada com as operações de manutenção do edifício (Akcamente *et al.*, 2010) será útil perceber, com este caso de estudo, até que ponto o BIM permite o aumento de produtividade e a redução de custos associados, como um elemento de apoio às operações de manutenção e uma ferramenta de gestão.

3. METODOLOGIA

Este capítulo expõe o método adotado na concretização deste estudo, as escolhas tomadas, e a base científica que o sustenta. A revisão e pesquisa bibliográfica de artigos científicos e livros de autores com diversas competências tiveram um papel preponderante na escolha da abordagem e das ferramentas que foram escolhidas para que se conseguisse obter, tratar e analisar os dados.

O caso de estudo assenta na atividade de manutenção de um espaço comercial. A ferramenta de análise dos processos será o *Value Stream Mapping* (VSM) ou Mapeamento de Fluxo de Valor que permitirá comparar o estado presente e o estado futuro em termos de eficiência, eliminação de desperdício e aproveitamento de recursos. Os princípios de melhoria correspondem à minimização dos tempos decorridos entre o reconhecimento da necessidade de intervir num determinado equipamento e a realização da manutenção/reparação desse equipamento e o acesso facilitado a informação atualizada. Para análise do custo/benefício recorreremos à métrica financeira ROI que é um elemento chave para a decisão por parte das empresas sobre novos investimentos.

O método e as ferramentas elegidas para se chegar às conclusões pretendidas estão representados na Figura 3.1.

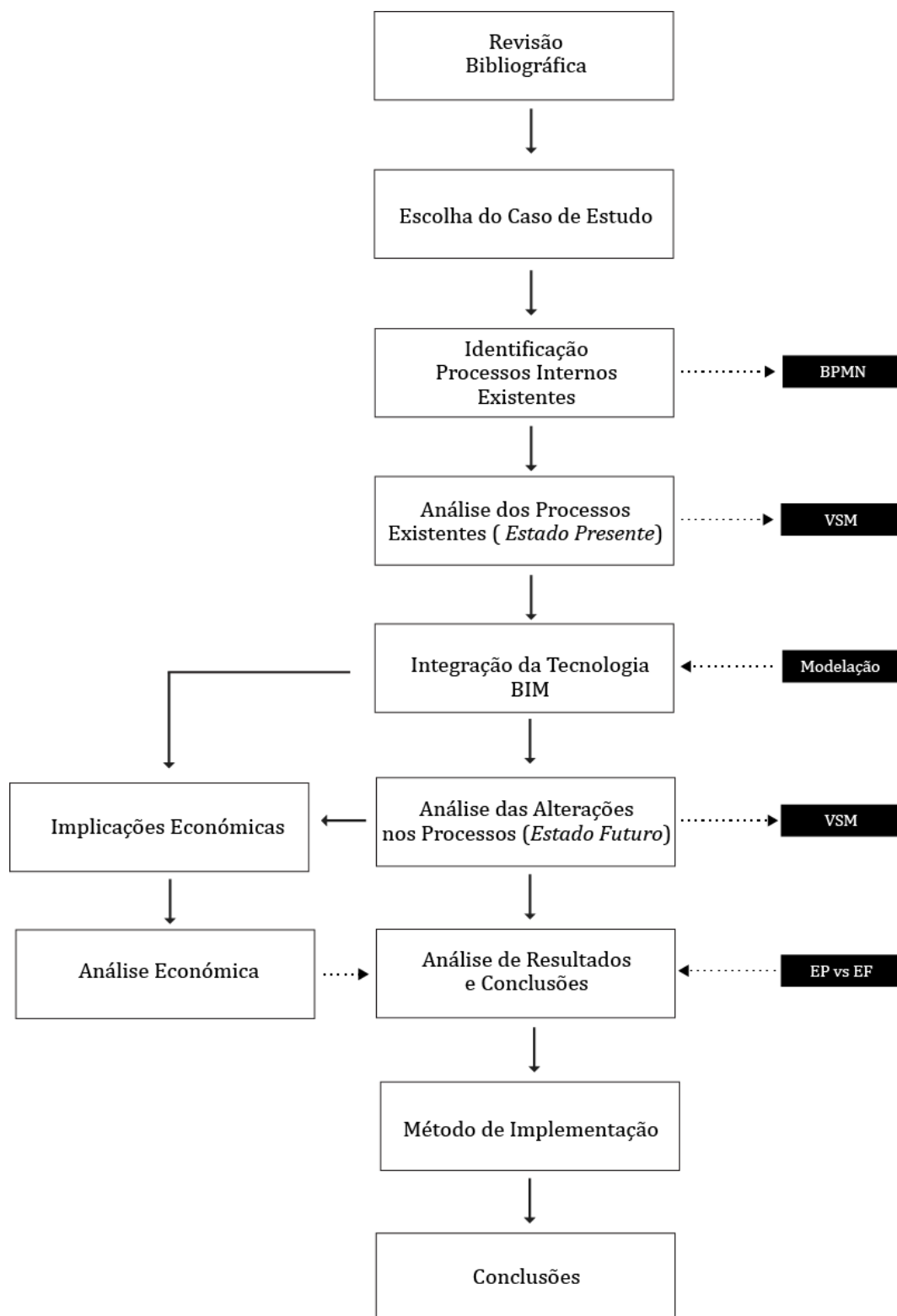


Figura 3.1 - Sequência Metodológica do Estudo

3.1. Estratégia de Pesquisa

3.1.1. Caso de Estudo

A questão central de investigação aponta para que seja avaliado o impacto da introdução de um novo sistema de informação (SI) numa organização, neste caso, a introdução de BIM nas empresas de FM. Para tal, existem vários métodos para avaliar esse impacto em ambiente empresarial, nomeadamente Casos de Estudo, Entrevistas e Experiências (Kitchenham *et al.*, 1995). De acordo com (Bakis *et al.*, 2006) de entre os três métodos, o mais apropriado para o estudo proposto é a realização de casos de estudo. Particularmente porque, o fenómeno sob investigação é de difícil interpretação fora do seu contexto natural, havendo muitas variáveis a serem contempladas fazendo com que entrevistas ou experiências não sejam apropriadas (Bonoma, 1985); (Yin, 1994) *apud* (Ghauri e Gronhaug, 2005). O caso de estudo será do tipo instrumental. Seguindo a linha de (Stake, 1995) *apud* (Coutinho e Chaves, 2002), o caso de estudo instrumental pretende proporcionar conhecimento sobre algo, que não é propriamente o caso de estudo em si. O caso de estudo terá lugar num ambiente empresarial.

3.1.2. Metodologia de Pesquisa

Para ser possível direcionar o estudo para as áreas mais pertinentes e obter dados relevantes, que estivessem em linha não só com os requisitos académicos mas com os compromissos estabelecidos com a empresa que materializa o caso de estudo, foi necessário que o autor se integrasse nas equipas de trabalho dessa organização.

A estratégia de pesquisa está baseada na metodologia *Action research*. Esta metodologia consente o desenvolvimento de poderes de reflexão, pensamento, discussão e ação, por indivíduos inseridos em equipas de trabalho, em contexto colaborativo (Mills, 2006), possibilitando a compreensão das causas subjacentes que permitem prever mudanças a nível organizacional (Reason e Bradbury, 2001), sendo que o indivíduo participa na resolução de problemas, e não é apenas um observador. Embora este método seja esquivo a uma clara definição, tem sido usado em inúmeras disciplinas do universo científico desde que foi introduzido por Kurt Lewin (1890-1947) em meados de 1934. Na Figura 3.2 é apresentada a estrutura do estudo conduzido por *action research*.

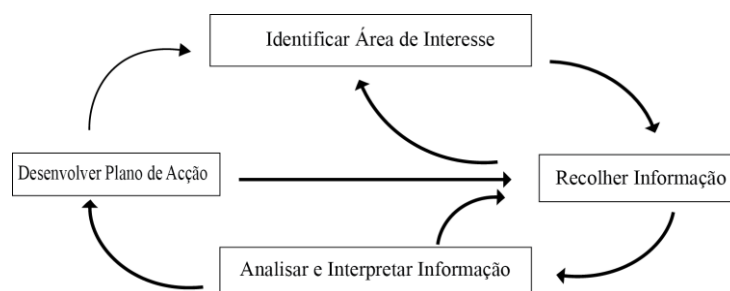


Figura 3.2 - Espiral de *Action Research* (Mills, 2006)

3.1.3. Mapeamento dos Processos Organizacionais

Compreender os processos que ocorrem a nível organizacional, facilita a análise, redesenho e melhoria desses processos (Aguilar-Saven, 2004). Um processo, é um conjunto estruturado e mensurado de atividades desenhadas para produzir um resultado especificado para um determinado cliente ou mercado (Davenport, 1993). Processos ou atividades de negócio podem ser modelados através de uma rede constituída por nós e canais de comunicação (van Hee e Reijers, 2000).

As tecnologias de informação são consideradas como um dos grandes motores por detrás da alteração de processos em organizações, (Davenport, 1993); (Hitt e Brynjolfsson, 1997); (Lewis e Slack, 2003); (Ramirez *et al.*, 2010) e em última análise alteram radicalmente a forma como uma organização conduz a sua atividade, ficando patente a importância e a necessidade do mapeamento dos processos organizacionais.

A pesquisa bibliográfica revela que existem vários autores que propõem metodologias para alcançar o redesenho eficaz dos processos de uma organização (Kettinger *et al.*, 1997); (Davenport, 1993); (van Hee e Reijers, 2000); (Muthu *et al.*, 2006). No entanto, as metodologias são no geral similares apontando para uma estrutura geral composta pelos pontos indicados na Figura 3.3, estrutura que será o fio condutor no mapeamento e na análise dos processos do caso de estudo.

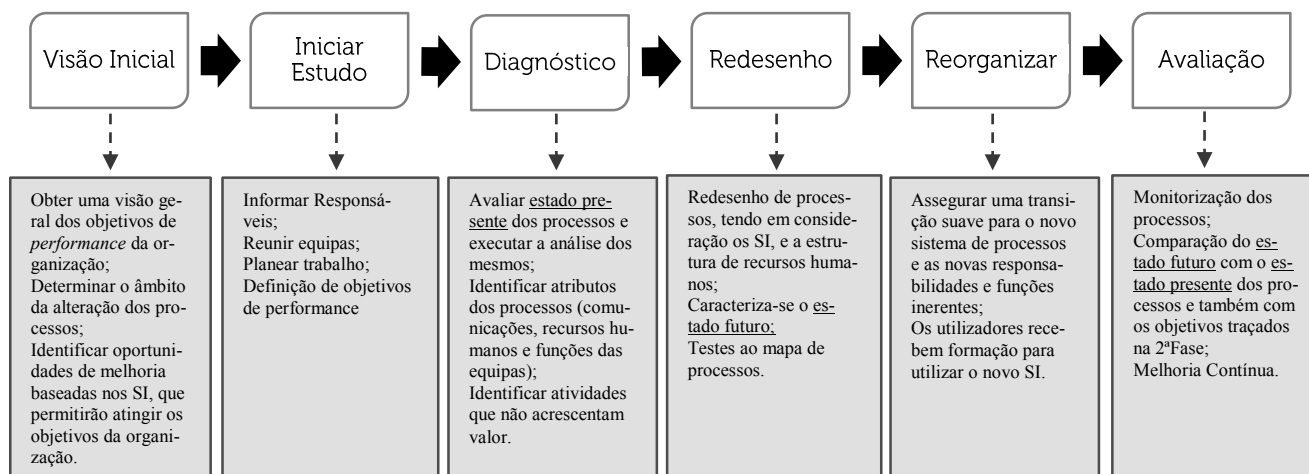


Figura 3.3 - Metodologia de redesenho de processos organizacionais

Estando assente a necessidade do mapeamento dos processos para o estudo, é necessário definir em que estrutura será realizado esse mapeamento. Existem várias notações que são frequentemente usadas para este objetivo, para nomear alguns: IDEF - (*Integration DEFinition*); Redes de Petri; RAD - (*Role Activity Diagrams*); DFD - (*Data Flow Diagrams*) (Mili *et al.*, 2004) e mais recentemente BPMN - (*Business Process Modelling and Notation*) (OMG, 2013).

Neste estudo será utilizada a notação BPMN, dado que de momento é a notação usada por defeito para representar os processos que ocorrem em qualquer tipo de empresa ou organização (Chinosi e Trombetta, 2012) ao mesmo tempo que pode ser aplicado a atividades típicas de negócio (Muehlen e Recker, 2008). Outro dos aspetos positivos da notação BPMN é a sua facilidade de uso e compreensão por parte de todos os intervenientes de uma organização (Owen e Raj, 2003).

3.1.4. Análise dos Processos

Tendo em conta a estrutura apresentada na Figura 3.3, é necessário definir o horizonte do estudo e do redesenho dos processos avaliando-os para assim se retirarem conclusões por comparação do estado presente com o estado futuro. Foi definido, como indicado na Figura 3.4, o âmbito prático da análise, selecionando os processos a examinar.

A análise dos processos, nomeadamente do seu fluxo, será realizada segundo princípios *Lean*. A ferramenta que irá permitir essa análise será o *Value Stream Mapping* (VSM) ou Mapeamento de Fluxo de Valor. Com origem no Sistema de Produção da Toyota (TPS - *Toyota Production System*), o VSM é uma ferramenta associada à manufatura *lean* que permite analisar e construir o fluxo de materiais e informação requeridos para entregar um produto ou serviço ao consumidor, objetivando a criação de um sistema mais eficiente, por eliminação de desperdício. Taiichi Ono (1912-1990), criador do sistema de produção *just-in-time* associado ao TPS, afirmava que os lucros não advinham do aumento do preço dos produtos mas da eliminação do desperdício nos processos de uma organização, daí que se use o VSM para analisar os processos. O VSM tem em consideração não só a atividade do produto, mas também os sistemas de gestão e informação que suportam o processo base (Isixsigma, 2013). As métricas usadas pelo VSM são o *Lead Time* (LT) e o *Process Time* (PT), respetivamente, o tempo desde que um processo está pronto a ser efetuado até ao seu fim e a duração do processo propriamente dito, *e.g* - período entre um pedido de manutenção até à conclusão e a realização da operação de manutenção.

No entanto é possível introduzir no VSM outras métricas que melhor se enquadram nas necessidades de cada indústria, tomando como exemplo (Kannan *et al.*, 2007) que abordaram a variabilidade em processos, (Braglia *et al.*, 2009) desenvolveram um método para abordar essa variabilidade, (Thiruvengadam, 2009) introduziu métricas específicas da indústria da manutenção.

De acordo com (Monden, 2012) existem três classificações de processos num ambiente de produção/manufatura:

- *Non-value adding* (NVA) – não adiciona valor;
- *Necessary but non-value adding* (NNVA) – necessário mas não adiciona valor;
- *Value-adding* (VA) – adiciona valor.

São os processos NVA que a filosofia *lean* tem como objetivo eliminar, pois representam desperdício. Já os processos NNVA, representam desperdício mas no plano atual não são passíveis de eliminar de imediato, para tal, seria necessário mudar profundamente os procedimentos de operação (Hines e Rich, 1997). O VSM tem associado três aspetos fundamentais para a sua utilização, nomeadamente:

- Fluxo de Informação;
- Fluxo de produtos;
- Linha temporal.

A linha temporal é o aspeto mais importante na análise, pois permitirá comparar o estado presente e o estado futuro em termos de eficiência e aproveitamento de recursos.

A estrutura pela qual se rege o uso da ferramenta VSM está enquadrada com a metodologia representada na Figura 3.3 embora menos estratificada. As etapas que normalmente se realizam para mapear um fluxo de valor estão representadas na Figura 3.4.

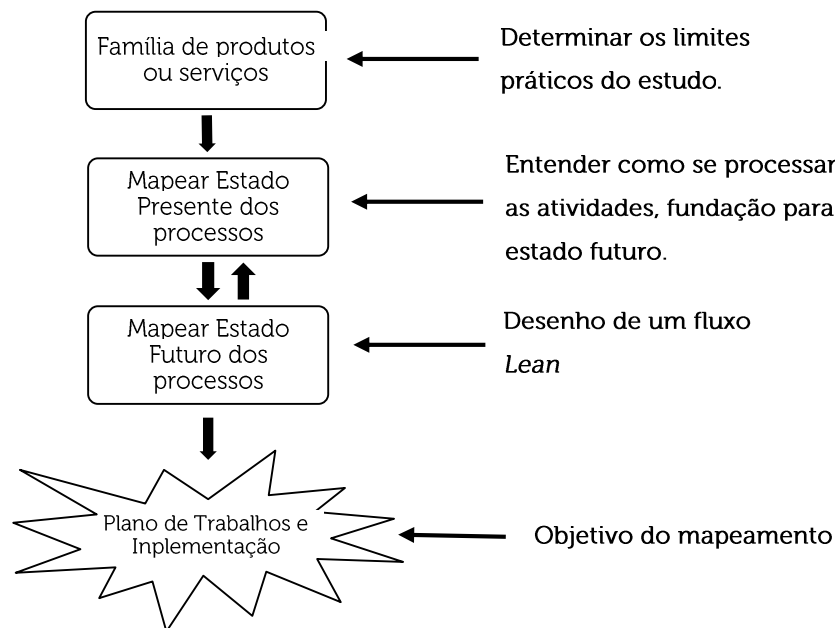


Figura 3.4 - Metodologia para o mapeamento de atividades, implementação de um desenho melhorado adaptado de (Keyte e Locher, 2004)

Em ambiente de manutenção, o conceito de *Mean Maintenance Lead Time* (MMLT) é homólogo ao conceito *Lead Time* em ambiente de manufatura. O MMLT é definido como o tempo entre o reconhecimento da necessidade de intervir num determinado equipamento até à realização da manutenção e a reparação desse equipamento (Kannan *et al.*, 2007). Este conceito pode relacionar-se com o *Service Level Agreement* (SLA). Normalmente um contrato SLA estipula um tempo para a resolução de problemas, sendo equivalente por definição ao MMLT. A métrica MMLT é composta pelo somatório de outros termos indicados na Equação (1)

$$MMLT = MTTO + MTTR + MTTY$$

Equação (1)
(Kannan *et al.*, 2007)

Com,

MTTO – *Mean Time to Organize* (Tempo médio de coordenação de atividades para iniciar a manutenção);

MTTR – *Mean Time to Repair* (Tempo médio para reparar ou realizar trabalhos de manutenção num equipamento/item);

MTTY – *Mean Time to Yield* (Tempo médio para o equipamento se tornar produtivo depois da manutenção);

Todas as atividades indicadas acima à exceção de MTTR, são atividades NVA, ou seja, atividades que não acrescentam valor. O estudo focar-se-á nestas atividades já que BIM não trará benefícios no campo da reparação de equipamentos propriamente dito. Baseando-nos em (Rapinder e Murthi, 2004) as atividades que compõem o termo MTTO são:

MTTI – *Mean Time to Identify* (Tempo médio de identificação da falha ou pedido de manutenção);

MTTC – *Mean Time to Communicate* (Tempo médio de comunicação da falha);

MTTA – *Mean Time to Assess* (Tempo médio de averiguação da causa do problema);

MTTD – *Mean Time to Determine* (Tempo médio de determinação das peças e ferramentas adequadas);

MTTL – *Mean Time to Locate* (Tempo médio de localização e/ou encomenda de peças novas);

MTTS – *Mean Time to Schedule* (Tempo médio de programação da intervenção ao equipamento);

Estes termos são habitualmente utilizados em ambientes onde a manutenção suporta equipamentos de manufatura, como é o caso de fábricas em produção contínua. Dado que a envolvente do caso de estudo é a manutenção e não a produção propõe-se a adição de três variáveis que melhor se enquadram nos processos que foram mapeados e exibidos em 4.2 e 4.4.5, designadamente: MTTP – *Mean Time to Spot* definido como o tempo médio de identificação do item no local; MTTV – *Mean Time to Availability* definido como o tempo médio em que um operacional fica disponível para realizar outra operação de manutenção e MTTG – *Mean Time to Go* definido como o tempo médio de deslocação do operacional até ao item que requer manutenção. O estudo irá evidenciar o comportamento destas variáveis já que são as que mais beneficiam com o uso de BIM. A relação entre as variáveis consideradas no estudo é apresentada na Figura 3.5, e após a introdução das variáveis propostas, temos,

$$MTTO = MTTI + MTTG \quad \text{Equação (2)}$$

$$MMLT = MTTO + MTTR + MTTV \quad \text{Equação (3)}$$

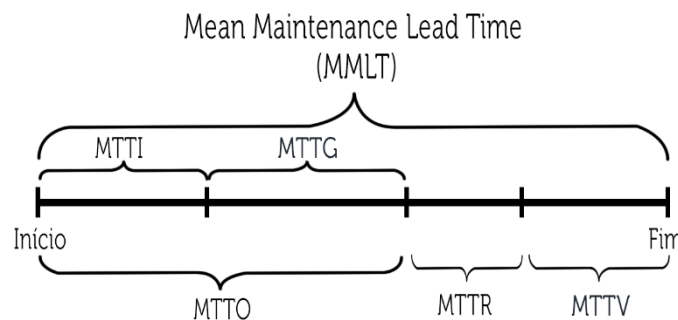


Figura 3.5 - Relação entre os termos usados na análise

Podemos posteriormente definir:

Eficiência da Manutenção E%

$$E = \frac{MTTR}{MMLT} \times 100 \quad \text{Equação (4)}$$

Este indicador tem a sua correspondência em manufatura designando-se por *process cycle efficiency*, que resulta da divisão do tempo que acrescenta valor pelo tempo total.

Percentagem de NVA (N-V-A%)

$$NVA\% = 1 - E \quad \text{ou} \quad NVA\% = \frac{NVA}{MMLT} \quad \text{Equação (5)}$$

Para além dos parâmetros habituais que constam num mapa VSM, será também incorporado nos processos o seu custo associado como demonstra a Figura 3.6.

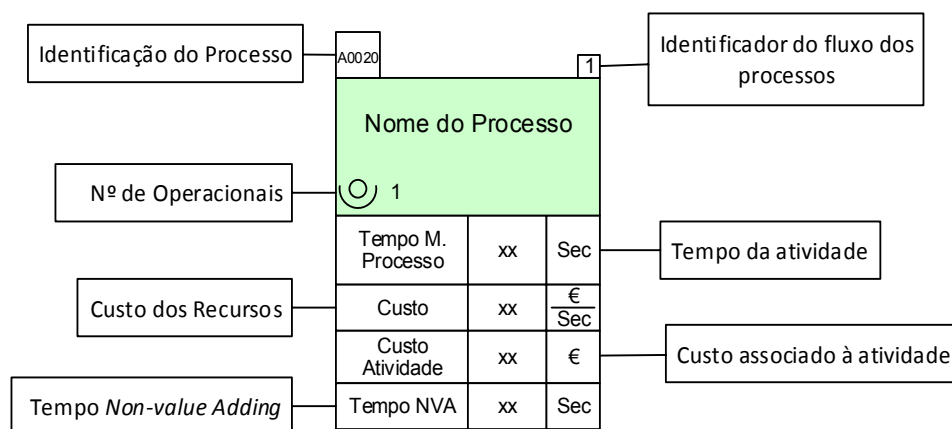


Figura 3.6 - Exemplo de atividade e seus parâmetros

3.1.5. Modelação *As-Built* do edifício

A modelação do edifício foi realizada utilizando *software Autodesk Revit®*, tendo em conta que este representa o standard da indústria e aquele que o autor domina. Esta opção teve também em conta os recursos que o autor dispunha para auxiliar a resolução de complicações na fase de modelação de instalações e/ou equipamentos especiais.

3.1.6. Análise Económica – Custo/Benefício

A análise económica irá focar-se no custo e retorno associado ao BIM como tecnologia, *software* e metodologia. A execução desta análise prende-se com a importância que representa para a indústria o conhecimento de dados económicos que auxiliem e suportem uma decisão de investimento.

Por um lado serão identificadas as implicações económicas associadas ao BIM que reportam aos custos, e por outro serão incluídos os benefícios, para que posteriormente seja possível conduzir uma análise ROI. Este constitui um dos métodos mais utilizados numa análise económica sobre o impacto de um SI nas empresas, designado por Retorno Sobre Investimento ou *Return On Investment* (ROI). A métrica financeira ROI permite avaliar as consequências económicas de investimentos singulares e é um elemento chave de ajuda à decisão no que diz respeito a novos investimentos por parte das empresas – particularmente na adoção de um novo SI. Este método tem sido largamente utilizado na temática do investimento em BIM (Lee *et al.*, 2012); (Autodesk, 2007).

O investimento numa nova tecnologia de gestão de informação está interligado ao ambiente particular da empresa em que é aplicada, havendo portanto que considerar no cálculo do ROI os seguintes pontos gerais.

- Infraestrutura tecnológica – Custos associados à tecnologia/*software*;
- Processos de negócio – Alteração de eficiência nos processos;
- Ambiente organizacional – Alterações no fluxo de trabalho.

De um modo particular, os custos associados ao novo SI, abrangem um número de condições que serão exploradas e incorporadas na análise, nomeadamente:

- Aquisição do *software*;
- Educação e treino no *software*;
- Custos de *hardware*;
- Redução temporária da produtividade;
- Custos de manutenção.

Identificados os custos, importa avaliar os benefícios económicos provenientes do BIM. Esses benefícios reportam ao ganho de eficiência da organização em realizar as tarefas correntes que com o fluxo de processos melhorado, que pode resultar em:

- Melhoria da comunicação interdepartamental;
- Redução do tempo na realização de tarefas;
- Informação atualizada e de melhor qualidade;
- Acesso mais fácil e mais célere à informação.

Esta compilação dos custos (*inputs*) e dos benefícios (*outputs*) para análise do ROI, está em linha com a curva de adaptação de uma empresa a um novo SI. Aquando da introdução de uma nova tecnologia, é esperada uma diminuição na produtividade numa primeira fase, devido não só, à sobreposição com os SI já instalados, mas também à aprendizagem e treino do pessoal na tecnologia em que se pretende investir. Numa segunda fase, é esperado um aumento de produtividade já que as barreiras iniciais de adaptação ao SI foram ultrapassadas. Este mecanismo é demonstrado na Figura 3.7 do presente capítulo.

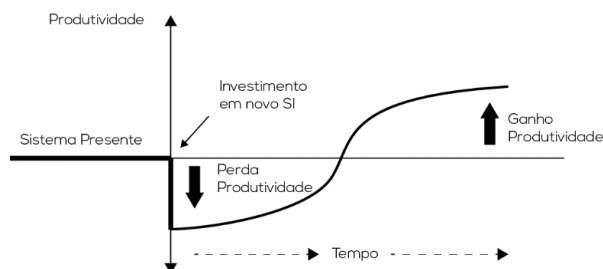


Figura 3.7 – Curva de adaptação a um novo SI adaptado de (Autodesk, 2007)

Como dito anteriormente, os benefícios da implementação bem conseguida de um novo SI, correspondem a um aumento de produtividade que relativamente ao sistema anterior. Adicionalmente ao ROI existem outros métodos de avaliação financeira para projetos de investimento, nomeadamente: Taxa interna de rentabilidade (TIR); Valor atualizado líquido (VAL) e *Cash Flow* (Jeffery, 2004); (Curley, 2005) *apud* (Oliver *et al.*, 2007). Numa análise financeira sobre um investimento é importante considerar o impacto não só dos parâmetros tangíveis, mas também dos intangíveis, sendo que o que os distingue é a facilidade em associar a cada um deles, um valor monetário. Isto porque normalmente, os dados que possibilitam a determinação dos benefícios intangíveis não constam nos livros de contabilidade (Brynjolfsson e Yang, 1999), ou particularmente, no caso de estudo deste trabalho, nos registos de operação da manutenção. Os benefícios intangíveis e tangíveis estão interligados, exercendo um forte impacto na produtividade da organização (Carayannis, 2004). Melhor gestão do risco, vantagem competitiva e acesso ao mercado melhorado, são alguns dos benefícios intangíveis (Becerik e Pollalis, 2006).

Desse modo, a análise económica assenta no cálculo do VAL que se baseia na distribuição ao longo do tempo dos *Cash Flows*, e posteriormente na determinação do valor ROI e do período de recuperação do investimento atualizado (PRIA). As expressões matemáticas que possibilitam tal análise são apresentadas em seguida.

$$ROI = \frac{(Benefício - Custo)}{Custo}$$

Equação (6)

$$VA = \frac{VF}{(1 + i)^n}$$

Equação (7)

VA – Valor Atualizado

VF – Valor Futuro

i = Taxa de atualização, ou de juro

n – Período

$$VAL = -I_p + \sum_{p=1}^n \frac{CF_n}{(1 + i)^p}$$

Equação (8)

I_p – Investimento Inicial

CF_p – Cash Flow de exploração no período n

VAL – Valor atualizado líquido

i = Taxa de atualização, ou de juro

$$TIR = i \rightarrow VAL = 0$$

Equação (9)

TIR – Taxa interna de rentabilidade

$$PRIA = \frac{n \left(\sum_{p=0}^n \frac{I_p}{(1 + i)^p} \right)}{\sum_{p=0}^n \frac{CF_p}{(1 + i)^p}}$$

Equação (10)

PRIA – Período de retorno do investimento atualizado

I_p - Investimento Inicial

n – n° de períodos

CF_p - Cash Flow de exploração no período n

i = Taxa de atualização, ou de juro

3.2. Método de Investigação

O método de investigação pretende fazer a ponte entre os objetivos científicos centrais do estudo e a estratégia de pesquisa. Nesta secção é descrita a estrutura prática do trabalho efetuado, suportado pelos métodos científicos apresentados em 3.1.

3.2.1. Caso de estudo

Sendo evidente a importância de conduzir a pesquisa através de um caso de estudo (vd. 3.1.1), a etapa seguinte será a pesquisa de empresas que estejam inseridas no mercado nacional de *facilities management*. Na pesquisa e seleção do edifício e da empresa que o gere foram tidos em conta os seguintes fatores:

- Dimensão da empresa;
- Dimensão do edifício;
- Reputação da empresa no mercado;
- Facilidade de integração do autor nas equipas;

3.2.2. Recolha de Dados

Estando a empresa e o edifício selecionados, passa-se para a fase de integração do autor nas equipas de manutenção, baseada em *action research* (vd. 3.1.2.) seguindo a metodologia apresentada na Figura 3.2. Tentar-se-á perceber os métodos de operação de cada grupo (Operacionais/Gestores) através de conversações diárias, observação das operações e esclarecimentos prestados durante a execução dos trabalhos. Nesta fase, o autor procura identificar problemas, falhas e situações que ocorram frequentemente e familiarizar-se com a disposição arquitetónica do edifício. A análise da informação recolhida possibilita o ajuste do trabalho de campo para as áreas de maior interesse tendo em conta os objetivos. Seguidamente, é necessário desenvolver um plano de trabalho, para a medição do tempo de realização das tarefas quando surgem novas ordens de trabalho (OT) – TTI, TTP, TTO e TTV que depois permitem a obtenção dos parâmetros que possibilitarão a análise e a construção dos mapas VSM – MTTI, MTTP, MTTO e MTTV (vd. 3.1.4). Será também averiguado o acesso à informação do edifício por parte dos gestores, pelo que será importante conhecer a estrutura organizacional para que se identifique a cadeia de valor, que será conseguido através do mapeamento dos processos.

3.2.3. Mapeamento dos Processos Organizacionais

Esta etapa segue a metodologia apresentada na Figura 3.3. Com a integração do autor nas equipas de operação e, à medida que a informação é recolhida (vd. 3.2.1), tornam-se perceptíveis aspetos de operação e de gestão que possibilitam construir uma visão geral dos procedimentos que definem o estado presente dos processos. O conhecimento dos processos atuais é imprescindível para o sucesso da implementação de BIM, pois permite a identificação das oportunidades de melhoria e das potencialidades a explorar, base para a caracterização do estado futuro (redesenho - Figura 3.3). Para que a caracterização dos dois estados seja fidedigna será, igualmente, importante perceber a interação entre departamentos, conhecer os intervenientes e a sua área de operação, bem como, a documentação dos processos a avaliar.

3.2.4. Modelação BIM

Dadas as condicionantes de duração deste estudo, a filosofia para distribuir o tempo e os recursos disponíveis será a modelação tridimensional e parametrizada das áreas mais pertinentes identificadas por via de *action research* (vd. 3.2.2 e 3.2.3). A conceção do modelo BIM será feita com recurso a *software* específico (vd. 3.1.5). O modelo servirá como base para analisar os processos por via da integração da tecnologia e metodologia BIM nas operações da empresa. Desta forma, durante o tempo em que o autor estará incorporado nas equipas, será avaliada a arquitetura e as especialidades que mais vantagem exibem para os pressupostos do estudo e assim tentar maximizar o retorno de dados em função do tempo disponível. Esta escolha terá em conta fatores como:

- Complexidade da instalação;
- Importância da instalação para o funcionamento do edifício;
- Facilidade de modelação;
- Trocas de informação associadas a cada especialidade.

Perante a escolha da especialidade a modelar em BIM, será introduzida informação específica do equipamento e parâmetros necessários para que os elementos constituintes do edifício (válvulas, bombas, portas, etc.) estejam o mais bem documentados possível para a fase de análise dos processos.

3.2.5. Análise dos Processos: Estado Presente e Estado Futuro

A fase de análise, presente na Figura 3.3 e Figura 3.4, será o passo seguinte após a modelação do edifício, procedendo-se à comparação entre o estado presente e o estado futuro utilizando as ferramentas e a metodologia descritas no capítulo anterior (vd. 3.1.4). Esta comparação terá como base o tempo da realização de tarefas, diminuindo a influência e o custo que as atividades NVA (vd. 3.1.4) impõem sobre a cadeia de valor, existindo uma abordagem de redução de desperdício, tempos de latência, eliminação dos erros derivados de falhas de comunicação e erros humanos.

Desse modo, serão realizados testes assentes na medição dos tempos das atividades que compõem a cadeia de valor. Esses testes serão compostos por duas fases: a primeira fase comporta testes aos operacionais e aos gestores da manutenção nos seus processos do dia-a-dia utilizando o método tradicional, como por exemplo o acesso à informação do edifício, planeamento de manutenção, verificação dos projetos de arquitetura e instalações especiais e ordens de trabalho. A segunda fase consistirá em realizar os mesmos testes às mesmas atividades, mas com a integração de BIM nos processos. Durante os testes é esperada uma perda de produtividade como se indica na Figura 3.7, dado à falta de treino e sensibilidade dos trabalhadores em usar BIM, ou mesmo qualquer tipo de aplicação informática.

O objetivo geral é estudar a facilidade com que as operações são realizadas, aumentar a eficiência e materializar uma estrutura de organização mais eficaz, uma vez que BIM representa fundamentalmente uma maneira diferente de criar, usar e gerir informação de edifícios (Eastman *et al.*, 2011). Para além de processos organizacionais e regulamentares de funcionamento da empresa, pretende-se também abordar atividades correntes de operação/manutenção, nomeadamente:

- Receção e envio de ordens de trabalho;
- Tempos de resposta a ordens de trabalho;
- Acesso à informação particular dos equipamentos e constituintes do edifício;
- Acesso à informação da localização dos equipamentos e condições de trabalho;
- Eliminação de repetidas deslocações ao mesmo local.

3.2.6. Análise Económica

Tendo em conta as métricas disponíveis (vd. 3.1.6) para realizar uma análise financeira e considerando que os benefícios tangíveis são facilmente identificáveis, os benefícios intangíveis permanecem como variável de difícil quantificação em termos monetários, sendo estes últimos a analisar em conjunto com a empresa escolhida para materializar o caso de estudo e que irão revelar-se no decorrer do trabalho de campo ao mesmo tempo que se infere sobre o impacto que BIM pode ter nos processos tradicionais do dia-a-dia das operações de manutenção.

Os benefícios tangíveis resultarão do aumento da produtividade que resultará da análise VSM entre o estado presente e o estado futuro, mais precisamente da redução de custos devido à diminuição do impacto das NVA nos custos de operação da empresa. Os benefícios intangíveis poderão ser a redução de erros de operação que reduzirão os custos em materiais e serviços extraordinários.

3.2.7. Validade Externa ou Generalização das Conclusões

Partindo de (Gomez *et al.*, 1996) *apud* (Coutinho e Chaves, 2002), que refere que, um estudo de caso através do seu carácter crítico, amplia conhecimento sobre o objeto que estuda, ao mesmo tempo que contribui para a formulação teórica do respetivo domínio do conhecimento.

Este importante aspeto, será tratado por meio da criação de uma proposta de implementação desta abordagem às operações de FM e respetivos departamentos, tendo por base a informação recolhida durante o trabalho de campo. Durante esse período será possível compreender as dificuldades dos intervenientes na adoção dos novos processos de trabalho e tecnologias.

O objetivo, é garantir a aplicabilidade do método de implementação em outros edifícios que tenham o seu departamento de manutenção e que apliquem a filosofia de FM, ou em empresas de FM contratadas em regime de *outsourcing*.

Prevê-se, no entanto, a necessidade de individualizar a análise ROI para cada caso em concreto, mas no entanto, os elementos considerados para essa análise mantêm-se os mesmos, já que são as grandezas que se modificam e não as variáveis.

4. RESULTADOS

O presente capítulo pretende associar a metodologia ao caso prático do trabalho de campo. É neste capítulo que se descreverá a empresa que materializa o caso de estudo e os processos atualmente em prática, apresentando o seu mapeamento. Abarca a construção do modelo BIM e a apresentação das experiências e testes que este permite, culminando na apresentação dos resultados incluindo o mapeamento do estado futuro.

4.1. Caso de estudo

4.1.1. O Edifício

O caso de estudo toma lugar num dos principais e mais importantes centros comerciais de Portugal. Tem uma área de construção de 410 000 m² distribuída por 3 pisos subterrâneos e 3 pisos elevados implantados numa área de 120 000 m². A sua construção data do ano de 1997 possuindo 372 lojas, um número que aliás está sempre em mudança e conta com sensivelmente 24 milhões de visitantes por ano.

O edifício possui uma arquitetura única e bastante complexa. A estrutura é constituída por pilares de diversas dimensões implantados numa grelha ortogonal de 8 metros, que suportam uma estrutura mista de lajes vigadas e lajes fungiformes. As instalações especiais estão distribuídas intricadamente ao longo de corredores técnicos e zonas comuns a cotas diferentes contornando a complexa arquitetura:

Rede de AVAC constituída por várias UTA – Unidade de Tratamento de Ar e UTAN – Unidade de Tratamento de Ar Novo, condutas de abastecimento e retorno de ar; Sistemas de extração de ar constituído por registos de desenfumagem em cada loja que fazem a ligação com os plenos de desenfumagem nos corredores técnicos. No parque de estacionamento a extração faz-se por via de ventiladores axiais que conduzem o ar de dentro do parque até ao exterior por via de grelhas na interface das paredes exteriores.

Rede de incêndio armada alimentada por uma estação elevatória composta por duas bombas *diesel* e uma bomba jockey, sendo que os diâmetros das prumadas, coletores e demais tubagens se encontram entre 8” e 1 1/2” polegadas.

Rede de esgotos que se desenvolve desde os pisos superiores até aos inferiores, incluindo caixas de retenção de gorduras e de hidrocarbonetos nos parques de estacionamento. A rede elétrica é constituída por rede de média e baixa tensão com uma estação de cogeração, inúmeros quadros elétricos distribuídos por todo o centro e por todos os pisos.

Rede de gás natural, desativada nos pisos inferiores estando apenas ativa na zona de restauração.

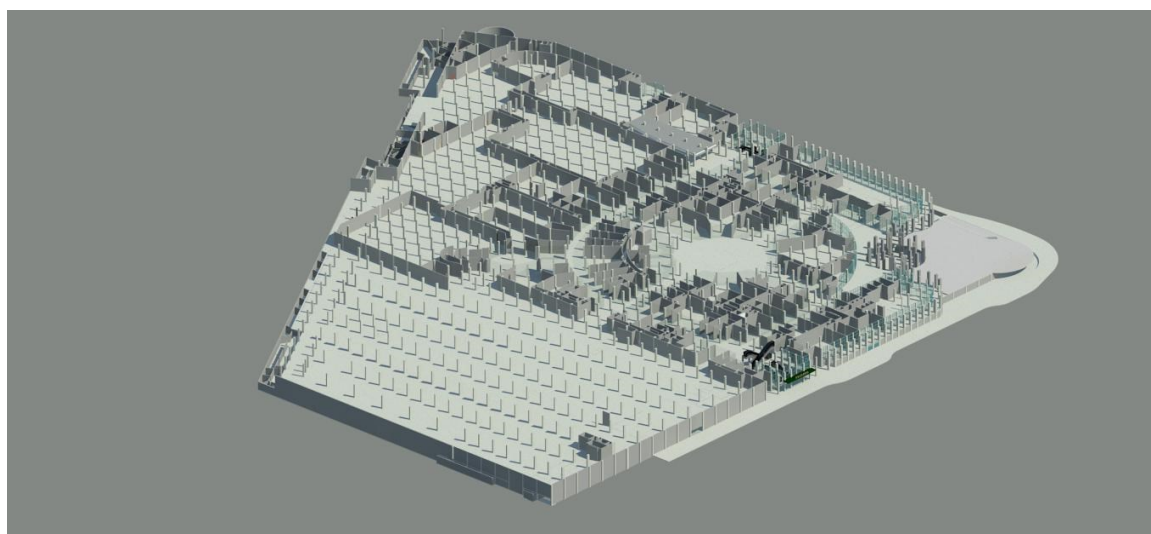


Figura 4.1 - Piso +0

4.1.2. Estrutura Organizacional

O organismo que gere o centro comercial está dividido em várias áreas de diferente atuação, nomeadamente: Departamento de Marketing; Departamento de Apoio ao Lojista; Departamento de Manutenção; Departamento Financeiro; Departamento de Segurança; Representação do Dono de Obra. Dos departamentos enumerados salienta-se o departamento de manutenção como o mais relevante para a execução deste estudo. Integrados no departamento de manutenção estão:

- Direção de Operações (DOP);
- Sistema de Gestão da Manutenção (SGM);
- Equipa da Manutenção.

A área de DOP incide sobre as operações que devem ocorrer para que o centro se mantenha em perfeito funcionamento. O reconhecimento das necessidades dos lojistas e dos visitantes resultam em constantes alterações ao centro, aos seus níveis de conforto como à acessibilidade. Estas alterações que têm de ser ponderadas de acordo com as exigências dos visitantes e dos lojistas. A viabilidade de alterações para melhorar as condições do centro ou mesmo pedidos de alteração da arquitetura ou das instalações especiais por parte dos lojistas são avaliados neste departamento sendo aprovados ou não. A área DOP representa a entidade gestora do centro sendo também responsável pelo pedido de novas Ordens de Trabalho (OT) ao SGM. São as OT que refletem as intenções de gestão da entidade que gere o centro.

O objetivo do SGM é realizar o controlo das operações de manutenção do centro, gerindo as ordens de trabalho que lhe são solicitadas pelo DOP. As funções do SGM são a de garantir que os aspetos técnicos do centro estão sob controlo, preparando e programando as atividades de manutenção e gerindo os recursos necessários á execução das OT. Cabe a este organismo decidir sobre a prioridade de uma OT, planear a atividade de manutenção ou a periodicidade de um determinado trabalho, baseando-se em informação contida no seu repositório, que vai sendo atualizado com informação pertinente. No que concerne ao estudo de alterações ou melhoramentos o SGM colabora com a DOP tentando chegar a uma decisão sobre os problemas. Este departamento ao gerir os recursos, sejam eles humanos ou de equipamento tem como finalidade que todas as atividades são realizadas corretamente esclarecendo qualquer dúvida que possa surgir durante a execução dos trabalhos. Para além da manutenção preventiva o SGM tem a função de iniciar procedimentos para a correção de uma avaria (Manutenção Corretiva), realizar protocolos de segurança, planear rotinas e redigir relatórios onde se expõem os aspetos de operação do centro, assim como os principais trabalhos realizados durante o ano. Gerindo os recursos humanos ao longo do ano, faz-se um planeamento homólogo àquele da indústria da construção.

A equipa de manutenção está agregada uma empresa subcontratada pela empresa representada pelo SGM. Os operacionais estão assim divididos em várias áreas de atuação. Em primeiro lugar, existe uma equipa de manutenção geral constituída por turnos com 3 homens, cuja área de operação não é definida, sendo usados para qualquer tipo de OT que se enquadre nas suas competências. Existe ainda, uma equipa de operacionais com horário fixo e uma equipa de substituição para corrigir faltas de mão-de-obra. Em segundo lugar está presente um equipa apenas dedicada aos sistemas AVAC. Na Figura 4.2 estão expostas as relações que existem dentro do departamento em análise.

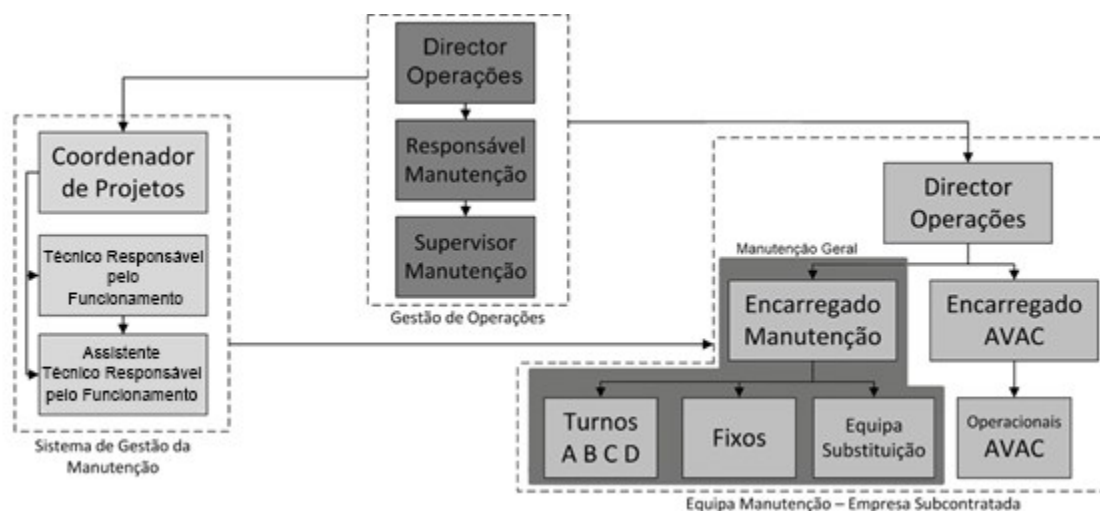


Figura 4.2 – Organograma do departamento de manutenção

4.2. Mapeamento dos Processos Organizacionais

O mapeamento dos processos específicos da organização correlaciona-se com o sucesso da implementação de um SI e revela-se de extrema importância para a identificação de oportunidades de melhoria (vd. 3.1.3). Para que o mapeamento seja rigoroso é necessário conhecer a partilha de informação entre os intervenientes, a proveniência das ordens, quem gere, o que é gerido, tentando-se estabelecer um ciclo de informação que posteriormente é manifestado no mapeamento.

Tomou lugar uma reunião de arranque, enquadrada na estratégia de pesquisa (vd. Figura 3.6). Na reunião participaram elementos da administração geral e do departamento de manutenção, onde foi apresentado o estudo e a sua metodologia, assim como expectativas quanto aos resultados que poderiam ser conseguidos. Ficou também determinado nesta reunião o âmbito prático do estudo tendo em conta as expectativas da colaboração entre as entidades envolvidas.

Conseguiu-se desde logo estabelecer algumas hierarquias dentro da organização, informação útil ao mapeamento dos processos e ao desenvolvimento do organograma representado na Figura 4.2. Seguiu-se um período de acompanhamento à manutenção geral, constituída pelos operacionais dos turnos, equipa dos trabalhadores fixos incluindo o responsável da extinção e compartimentação. Numa fase seguinte foram acompanhados os trabalhadores da equipa de AVAC. Este acompanhamento permitiu observar os procedimentos dos trabalhadores, inferir sobre possibilidades de melhoria e possibilitando a construção do mapa de processos. Durante os trabalhos o autor foi interpelando os trabalhadores para perceber em maior detalhe os trabalhos, esperando revelar lacunas na informação distribuída pela cadeia de comando.

Posteriormente o autor foi acompanhando a gestão do edifício feita pelo SGM, prosseguindo-se com o mapeamento dos procedimentos mas agora de um ponto de vista de gestão, ficando clara a transferência de informação entre os vários níveis da organização.

O tempo despendido no acompanhamento dos trabalhadores, quer da equipa de operação quer da equipa de gestão, totalizou 4,5 meses e permitiu conhecer o tipo de problemas que ocorrem diariamente, perceber o que é esperado dos operacionais no seu trabalho, assim como as competências e a área de atuação de cada grupo de trabalho. Esta informação que foi sendo adquirida foi de extrema importância para o mapeamento dos processos organizacionais. No decorrer do processo de mapeamento, este foi sendo validado pela gestão, confirmando o que ia sendo apreendido durante o trabalho de campo. O mapeamento realizado correspondente ao estado presente dos processos apresenta-se de seguida na Figura 4.3 e 4.4. A legenda do mapa de processos é posteriormente exibida no Quadro 4.1.

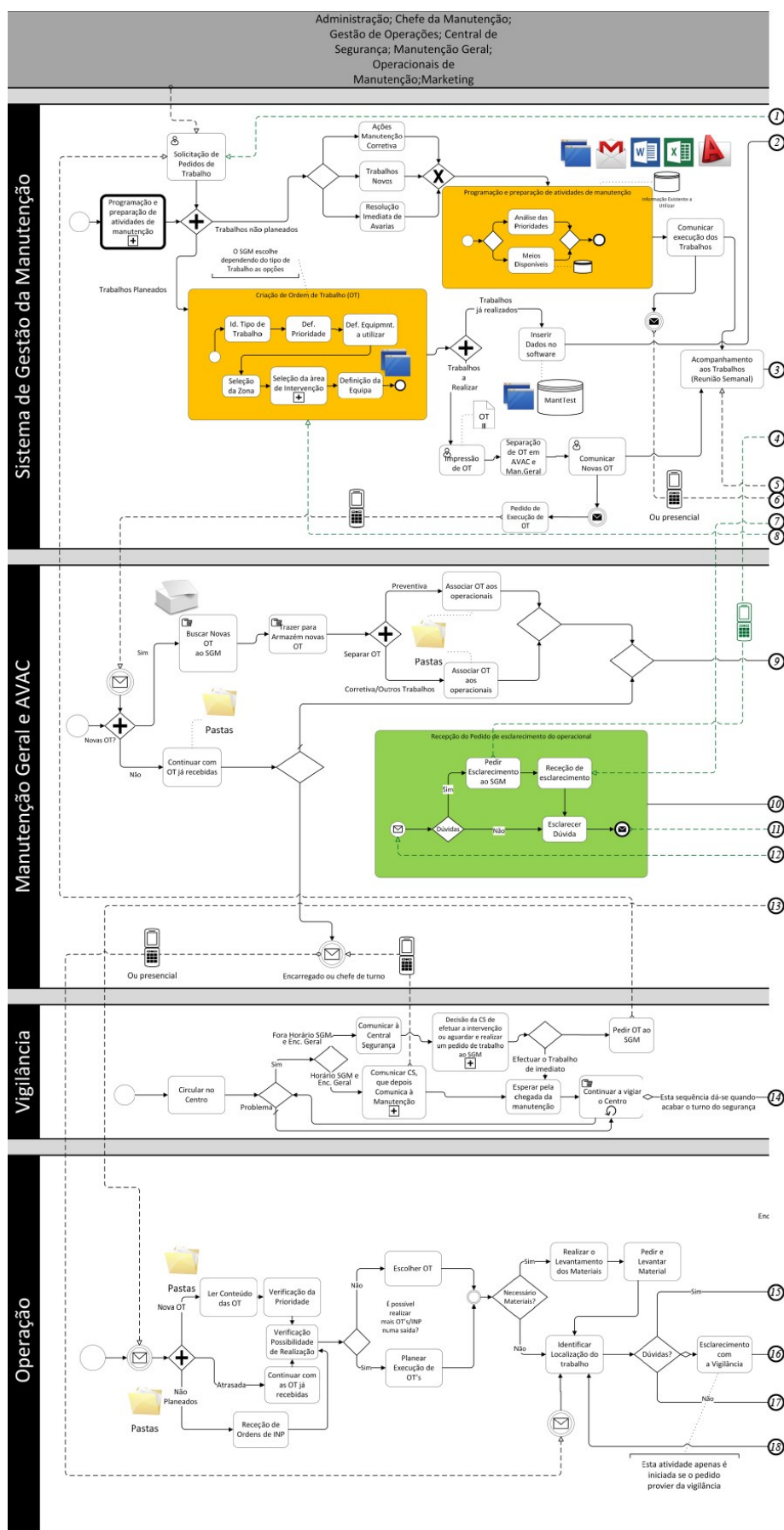


Figura 4.3 - Mapeamento Processos Organizacionais Parte 1

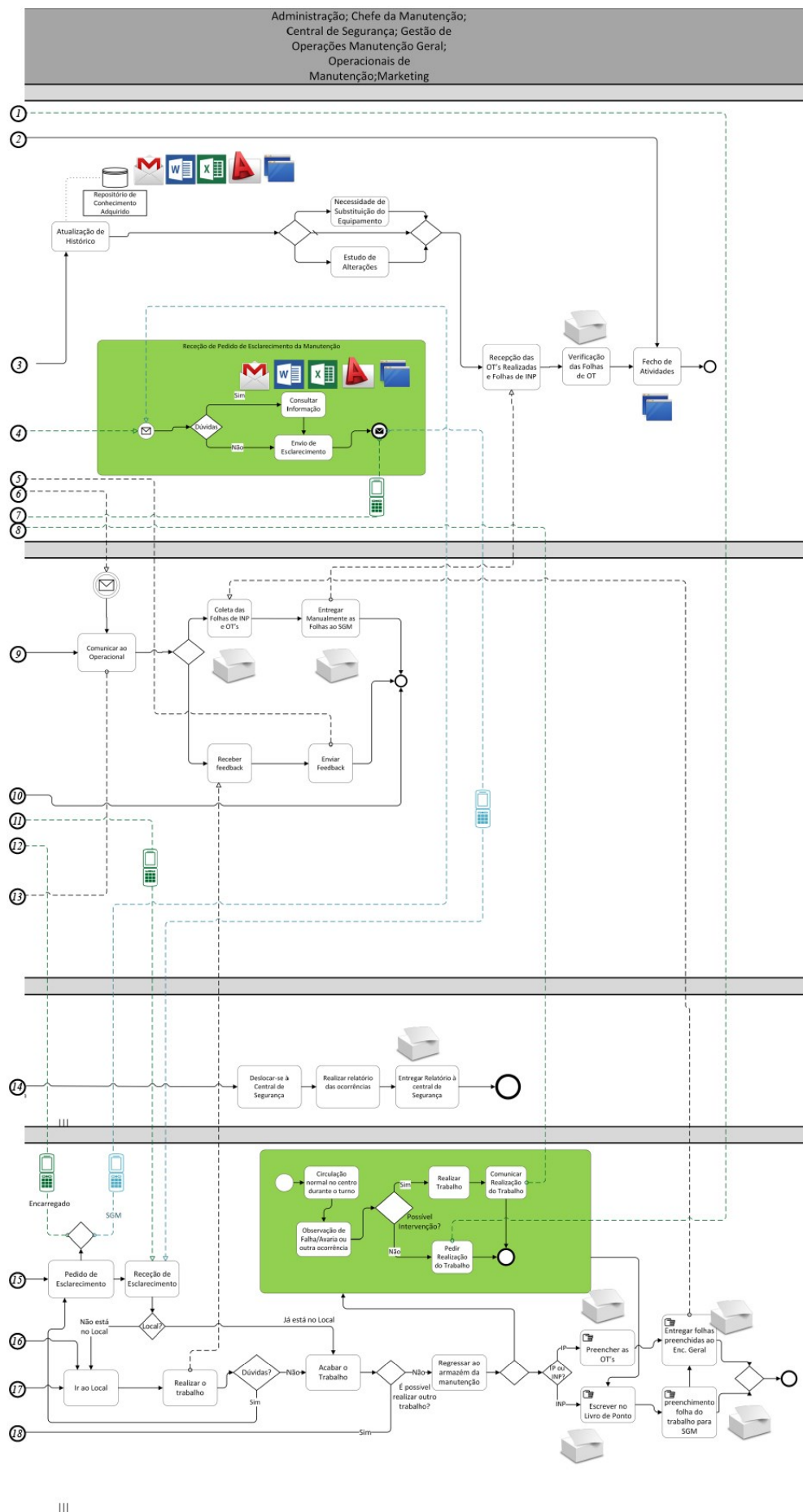




























Figura 4.4- Mapeamento Processos Organizacionais Parte 2

Quadro 4.1 - Legenda do mapa de processos organizacionais

<i>Símbolo</i>	<i>Definição</i>	<i>Uso Específico</i>
	Processador de Texto	Redação de relatórios; Protocolos; Comunicações.
	Folha de Cálculo	Informações de equipamentos; Localização de equipamentos, etc.
	Desenho Assistido por Computador	Telas de arquitetura; Telas de instalações especiais; Informações sobre segurança, equipamentos e arquitetura.
	SoftwareCAFM/CMMS	Mantest®, usado para controlo de centro de custos/horas, planeamento da manutenção; Pedidos e impressão de OT's.
	Documentos Correio eletrónico	Informação de orçamentos e comunicações entre departamentos.
	Pastas de Documentos (OT)	Pastas de OT associadas a cada operacional, cada trabalhador tem uma pasta específica.
	Inúmeros Documentos	Folhas de INP, IP, Livro de Ponto, OT's
	Evento de Início	As cadeias de processos necessitam de um início
	Evento de Fim	As cadeias de processos necessitam de um fim
	Evento Intermédio (Comunicação) "catching"	Tomam lugar entre os eventos de início e fim, não afetam o processo. Neste caso inicia processos dependendo da receção de comunicações
	Evento Intermédio (Comunicação) "throwing"	Idêntico ao evento anterior, mas representa o envio de comunicações para dar início a atividades.
	Atividade	Representam as atividades que constituem os processos
	Atividade de chamada	Indica a chamada de um processo existente no mapa, evitando o redesenho do mesmo.
	Subprocesso	Usado para indicar o início de processos fora do procedimento normal, esperando por uma comunicação para desencadear o subprocesso.
	Subprocesso	Usado para indicar um processo que é composto por várias atividades, fazendo parte dos procedimentos normais.
	Portal	Faz a divisão ou junção de fluxos proporcionando diferentes opções para a cadeia de atividades.
	Portal Paralelo	Todos os fluxos de saída são realizados em paralelo. Espera que todos os fluxos de entrada sejam completados para que se prossiga para a atividade seguinte.
	Portal Exclusivo	O primeiro fluxo a chegar ao portal desencadeia as atividades seguintes.
	Sentido do Fluxo	-
	Fluxo de Comunicação	-
	Fluxo Predefinido	O caminho a tomar se nenhuma das condições forem satisfeitas.
	Fluxo Condicional	Este fluxo só é ativado se forem satisfeitas condições específicas.
	Associação de Informação	Associa objetos à atividade sejam documentos ou outra informação pertinente.
	Indicação de múltiplas instâncias	Usado para se modelar a existência de vários trabalhadores do mesma equipa, a realizar os mesmos processos paralelamente.
	Comunicação Sem Fios	Indica a comunicação por telemóvel ou intercomunicador entre trabalhadores.
	Base de Dados	Indica a existência de um repositório de informação (digital ou analógico).
INP	Intervenção Não Planeada	-
IP	Intervenção Planeada	-
CS	Central de Segurança	-

Na condução de atividades de manutenção inicialmente é realizada uma solicitação de trabalhos, que pode ter a sua origem em vários órgãos quer do próprio departamento da manutenção como também órgãos externos, como o departamento de marketing. Os pedidos de trabalho mais comuns provêm da administração, chefe da manutenção, direção de operações, central de segurança e operacionais de manutenção. Frequentemente as OT pedidas pelos operacionais de manutenção surgem por intervenções já efetuadas pelos próprios após observação de uma anomalia, causando a criação de uma OT simplesmente para inserir no *software* específico as informações relativas a horas e material gasto. Os pedidos de trabalho podem seguir duas tipologias: Intervenções planeadas (IP) ou intervenções não planeadas (INP). Nas intervenções planeadas estão incluídos trabalhos planeados pelo SGM, e trabalhos pedidos pelos outros órgãos do departamento. Esse planeamento é realizado anualmente com efeito no ano seguinte. No decorrer das operações podem ser necessárias intervenções que extravasam o planeamento anual (INP), e dependendo do tipo de intervenções são planeadas ou não pelo SGM antes de serem executadas.

No seguimento das IP são criadas OT num *software* CMMS/CAFM, são depois impressas e é feita uma comunicação para o encarregado geral da manutenção (EGM) ou para o encarregado de AVAC, explicitando que existem novas OT. Nesse instante os encarregados daquelas equipas recebem as OT, verificando o seu conteúdo e a sua prioridade, distribuindo-as de seguida pelos operacionais de acordo com as suas competências. Essa distribuição é feita pela colocação das OT na pasta específica de cada trabalhador. Se não existirem novas OT, os trabalhadores continuam a realizar os trabalhos que lhes estão associados, podendo estes ser atrasados ou não.

Os operacionais, ao iniciarem um novo trabalho, consultam a informação contida na OT como a sua prioridade, localização, tipo de trabalho e ferramentas a usar. Seguem posteriormente para a localização do item que irá ser intervencionado; se ocorrerem dúvidas na localização, antes, durante ou depois da deslocação, pedem esclarecimentos ao EGM e se a dúvida persistir, este comunica com o SGM que consultará a informação para que se elimine a dúvida, ou em alternativa comunicam diretamente ao SGM. Segue-se uma cadeia descendente igual à anterior: do SGM passa para o EGM que por sua vez comunica com o operacional. Finalizando o trabalho, o operacional retorna à oficina da manutenção, onde escreve no livro de ponto o que executou durante a operação. Escreve também na folha de trabalhos se for uma INP ou preenche a OT se for uma IP. Todos estes documentos são entregues aos encarregados gerais quer da manutenção quer da equipa de AVAC, que posteriormente os entregam ao SGM para processamento, culminando no fecho de atividades. Estes procedimentos são igualmente seguidos se o operacional, durante os trabalhos observar uma anomalia ou falha que necessite intervenção, que é considerada como INP. No caso das INP, estas darão entrada no sistema depois da criação de uma OT que é imediatamente considerada como realizada.

Durante as operações os encarregados gerais, tanto da manutenção geral como de AVAC, vão recebendo feedback dos trabalhos em curso, que expõem ao SGM na reunião semanal. Por sua

vez o SGM vai atualizando o histórico de informação dos variados equipamentos e materiais do edifício. É com essa informação que se infere sobre alterações ou modificações ao edifício ou aos equipamentos. O repositório de conhecimento está disperso por variadas aplicações, e são essas aplicações que são utilizadas para aceder, modificar a sua informação e gerir o edifício

4.3. Modelação BIM

4.3.1. Escolha da Área de Interesse para a Modelação

Dada a complexidade e a dimensão do edifício do caso de estudo, de acordo com a filosofia dos trabalhos de modelação BIM (vd. 3.2.4), foi escolhida a zona e a especialidade do edifício a modelar, pois seria impossível dentro do espaço de tempo disponível a modelação de um edifício com este nível de complexidade. Esta escolha teve por base os critérios apresentados no Quadro 4.2. A cada especialidade é atribuído um critério com um valor numérico de 0 a 10, sendo que quanto maior o valor mais interesse tem essa instalação para o trabalho. Este estudo preliminar surgiu do acompanhamento às equipas por via de *action research* (vd. 3.1.2) e posteriormente validado pelas entidades que gerem e operam o centro comercial.

Quadro 4.2 - Critérios para escolha da instalação a modelar

<i>Especialidade</i>	<i>Complexidade</i>	<i>Horas</i>	<i>Custos</i>	<i>Importância</i>	<i>Exequibilidade</i>	<i>Trocas de Informação</i>	<i>Resultado</i>
<i>Incêndio e Segurança</i>	6	1	1	10	6	6	18
<i>AVAC</i>	7	1,4	0,5	7	5	8	14,9
<i>Águas e Esgotos</i>	8	0,6	1,3	8	4	5	10,9
<i>Elétrica</i>	10	1	2,1	10	1	2	6,1
<i>Arquitetura</i>	10	2,9	2,4	10	1	5	11,3

- Complexidade - Grau de complexidade da instalação, assim como a informação existente noutros registos e facilidade de observação *in situ* caso não esteja detalhada nos formatos tradicionais;
- Horas - Quantidade de horas/homem gastas na manutenção das instalações. Valores do ano de 2012 retirados do relatório de operação do SGM;
- Custos - Custos associados aos trabalhos de manutenção realizados em cada género de instalação. Valores do ano de 2012 retirados do relatório de operação do SGM;
- Importância – Valor atribuído para a importância da instalação/especialidade para o edifício, a sua condução/exploração;

- Exequibilidade - Exequibilidade dentro do âmbito deste projeto da modelação BIM da especialidade, considerando os subfactores "Informação Disponível" e "Tempo de Modelação";
- Trocas de Informação - A quantidade de informação que é canalizada entre os intervenientes em cada instalação considerada, prognosticando a ponte com BIM;
- Resultado - Representa a soma dos níveis associados a cada fator, representando o valor mais elevado a instalação/área/especialidade mais adequada para os fins do estudo, dentro das condicionantes existentes;

Os resultados do Quadro 4.2 demonstram que a rede de incêndio e segurança, com ênfase na área de extinção e compartimentação, é a especialidade que pela sua modelação paramétrica melhor serve os interesses do estudo.

4.3.2. Conceção do Modelo BIM

A modelação BIM foi realizada em duas fases, a primeira fase consistiu na modelação 3D em BIM utilizando o *software Autodesk Revit®*, a segunda fase consistiu na introdução de informação associando-a aos elementos modelados, parametrizando o modelo (Figura 4.30)

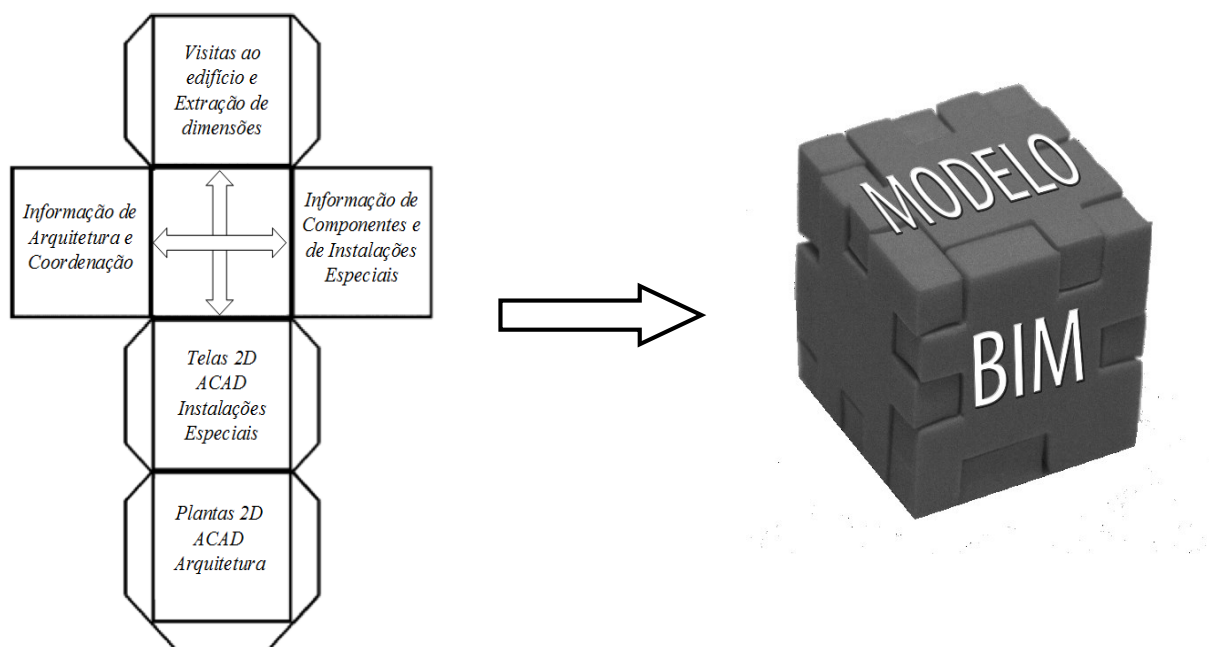


Figura 4.5 - Construção do Modelo BIM

Quadro 4.3 - Elementos e Informação para a construção do modelo BIM

<i>Elementos Modelados</i>	<i>Informação Associada aos Elementos</i>
<i>Arquitetura do piso -1</i>	<i>Informação relativa às lojas existentes</i>
<i>Arquitetura do piso +0</i>	<i>Fabricante das tubagens e acessórios</i>
<i>Portas Corta-Fogo</i>	<i>Fabricante das válvulas</i>
<i>Rede de Incêndio Armada do Piso -1</i>	<i>Fabricante das Portas Corta-Fogo</i>
<i>Rede de Incêndio Armada do Piso +0</i>	<i>Custo de Aquisição dos elementos</i>
<i>Válvulas de seccionamento</i>	<i>Custo de Substituição</i>
<i>Fins-de-Linha</i>	<i>Tempo de Vida dos elementos</i>
	<i>Data de Substituição Preventiva</i>
	<i>Áreas de influência de cada válvula de zona</i>
	<i>Localização dos Fins-de-Linha em relação às</i>
	<i>válvulas de seccionamento</i>
	<i>Relação entre localização de loja e a zona da</i>
	<i>válvula de seccionamento;</i>

A partir da informação existente em ficheiros no formato nativo “.dwg” do *software AutoCAD*® procedeu-se à importação das telas correspondentes às plantas de arquitetura para o ambiente BIM, e começou-se por modelar a estrutura dos pisos -1 e piso +0 e de seguida as paredes interiores e exteriores. Posteriormente foram modeladas as janelas ou vitrinas do exterior assim como das frentes de loja. Nesta fase da modelação, dada a complexidade do edifício, houve várias visitas a numerosas secções do edifício, de forma a tirar dúvidas quanto à sua disposição arquitetónica, dado que em variadas ocasiões não era possível depender das telas 2D para modelar com precisão. Ao se sobrepor o piso -1 (Figura 4.6) e piso +0 (Figura 4.1 e 4.7), durante a construção do modelo com base nas telas 2D, detetaram-se desvios da ordem dos centímetros entre algumas paredes comuns aos dois pisos, circunstâncias que tiveram de ser corrigidas no modelo, para que os pisos ficassem alinhados, outro dos obstáculos encontrados foi o estado de atualização das plantas que já não refletiam as alterações que outrora foram realizadas, seja de demolição ou construção nova.

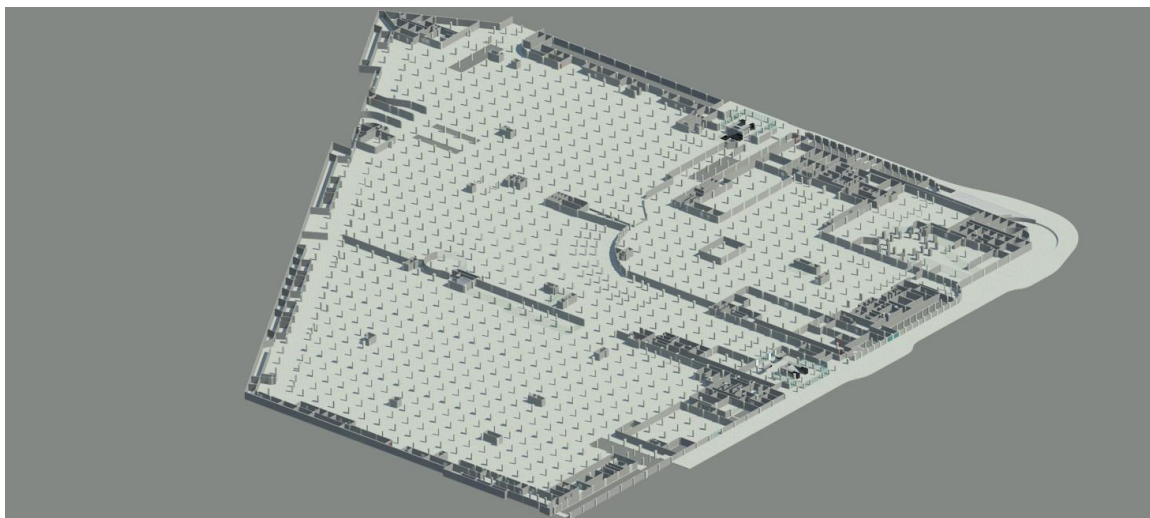


Figura 4.6 – Piso -1

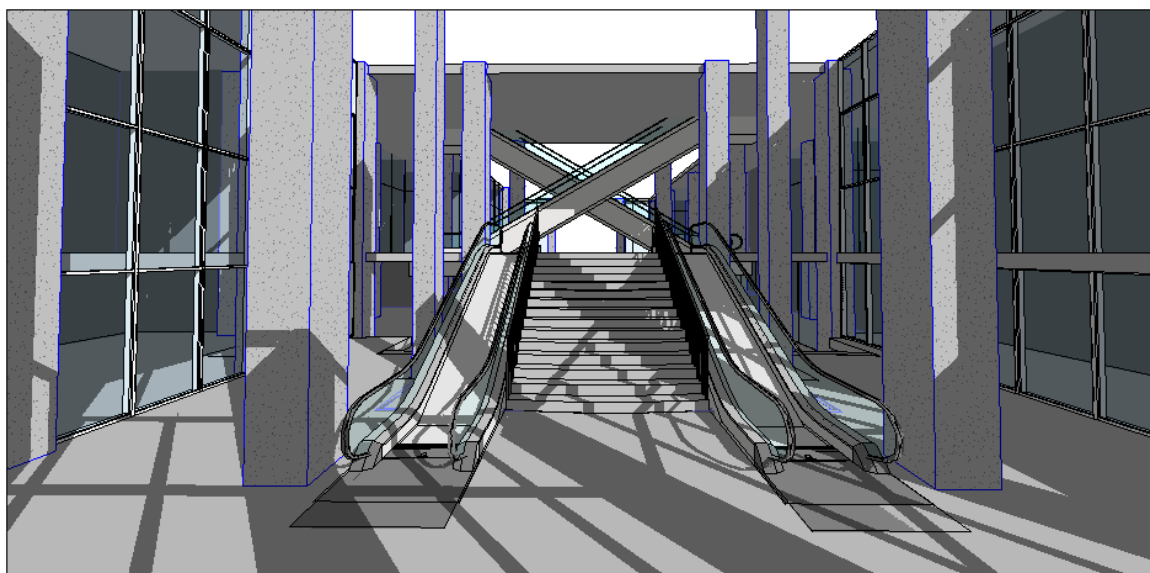


Figura 4.7 – Entrada (Interface Revit)

Procedeu-se de seguida à modelação da rede de incêndio do piso -1 (Figura 4.8 e 4.9) e piso +0 (Figura 4.10 e 4.11), assim como as válvulas de seccionamento, fins-de-linha e carretéis dos corredores técnicos desses dois pisos. As maiores dificuldades em relação à modelação precisa do edifício foram encontrados na modelação desta instalação especial. As telas 2D sofriam de falta de informação precisa e atualizada, não continham indicação da cota à qual estavam instaladas as tubagens, que foi confirmada com visitas ao local para extração de medidas. À exceção da arquitetura as telas não continham qualquer informação quanto a desvios no desenvolvimento das tubagens por incompatibilidade com outras instalações, algo que também foi minimizado por confirmações sucessivas no local. A localização das válvulas de seccionamento é assinalada com um símbolo que

pode ou não, estar localizado no exato local da válvula no edifício, o que resultou na necessidade de confirmação no campo.

Apresentam-se de seguida figuras que demonstram zonas de interesse da modelação BIM. Para além das figuras já mencionadas referencia-se: a Figura 4.12 que diz respeito à rede de incêndio do piso -1, que demonstra o contorno de arquitetura e estrutura presente em toda a rede modelada; a Figura 4.13 que demonstra a interligação da rede de incêndio entre os dois pisos modelados e a Figura 4.14 que demonstra a complexidade da rede de incêndio.

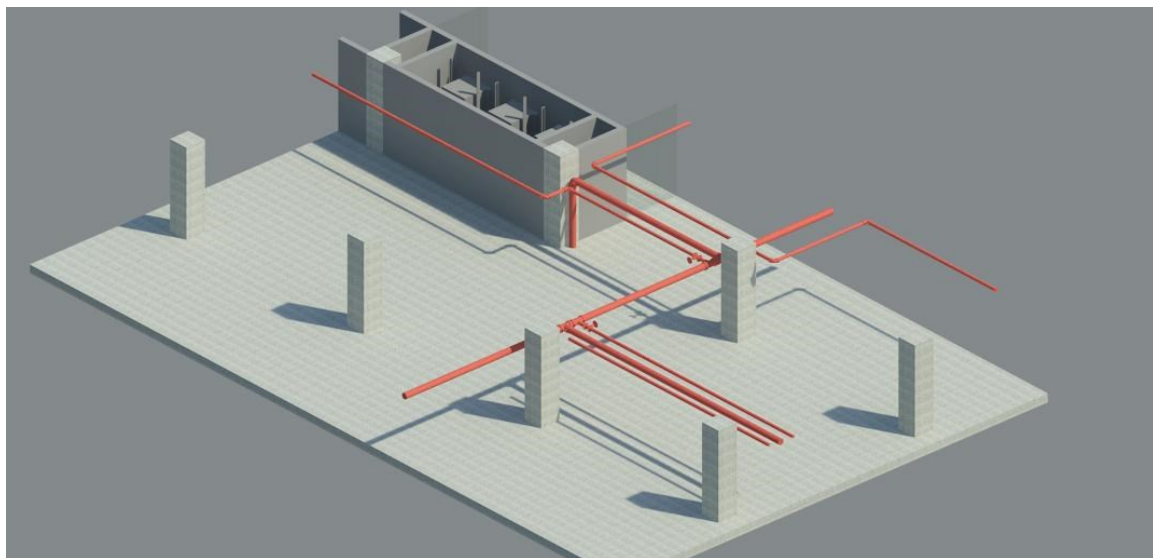


Figura 4.8 - Pormenor de Traçado A (Piso -1)

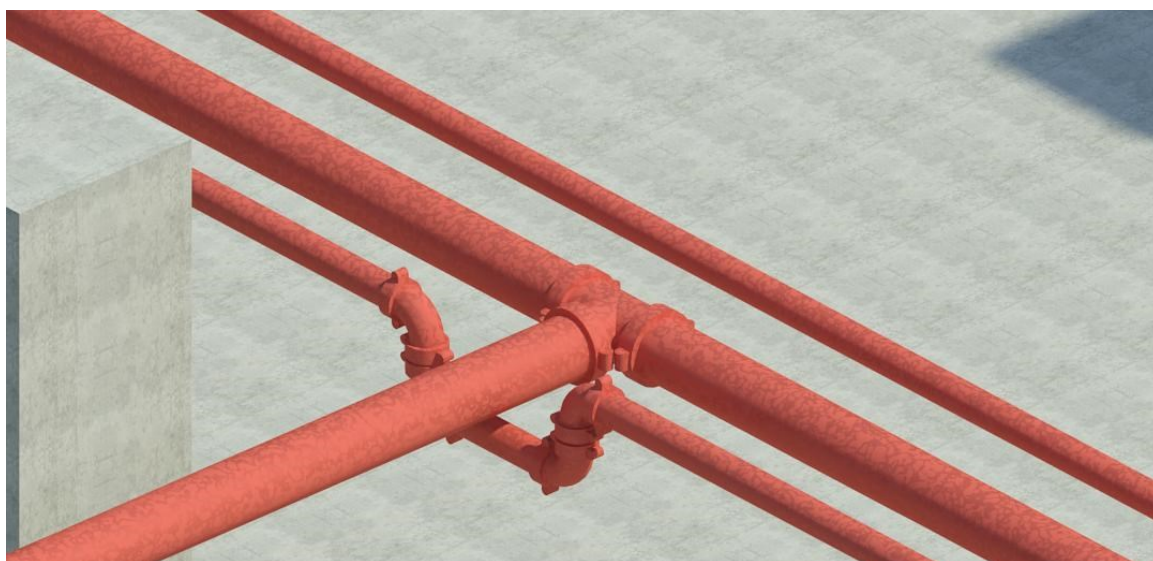


Figura 4.9 - Pormenor do Traçado B (Piso -1)

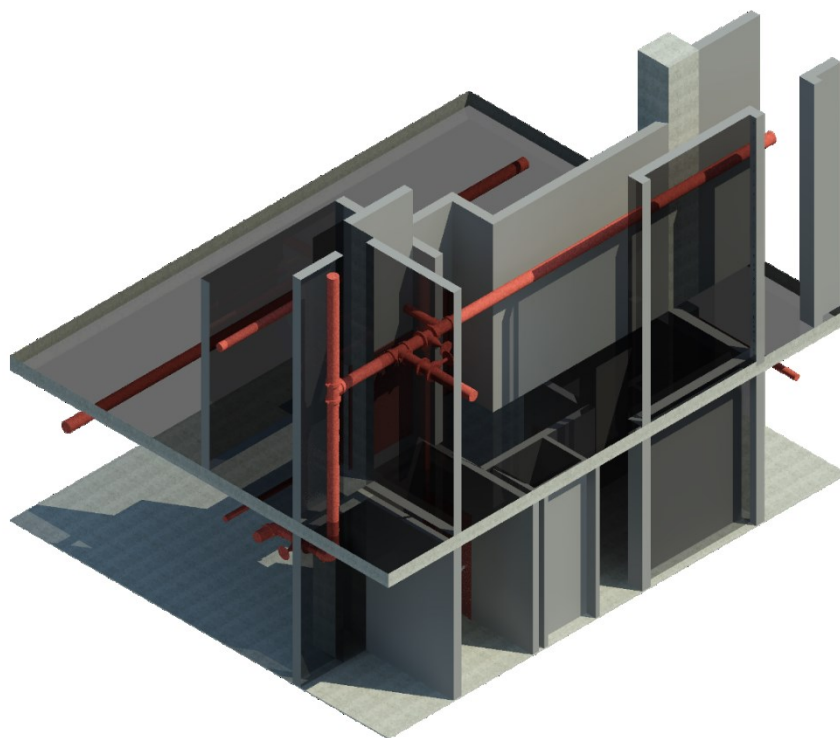


Figura 4.10 - Corte tridimensional modelo BIM em zona de corredor técnico (Piso +0)

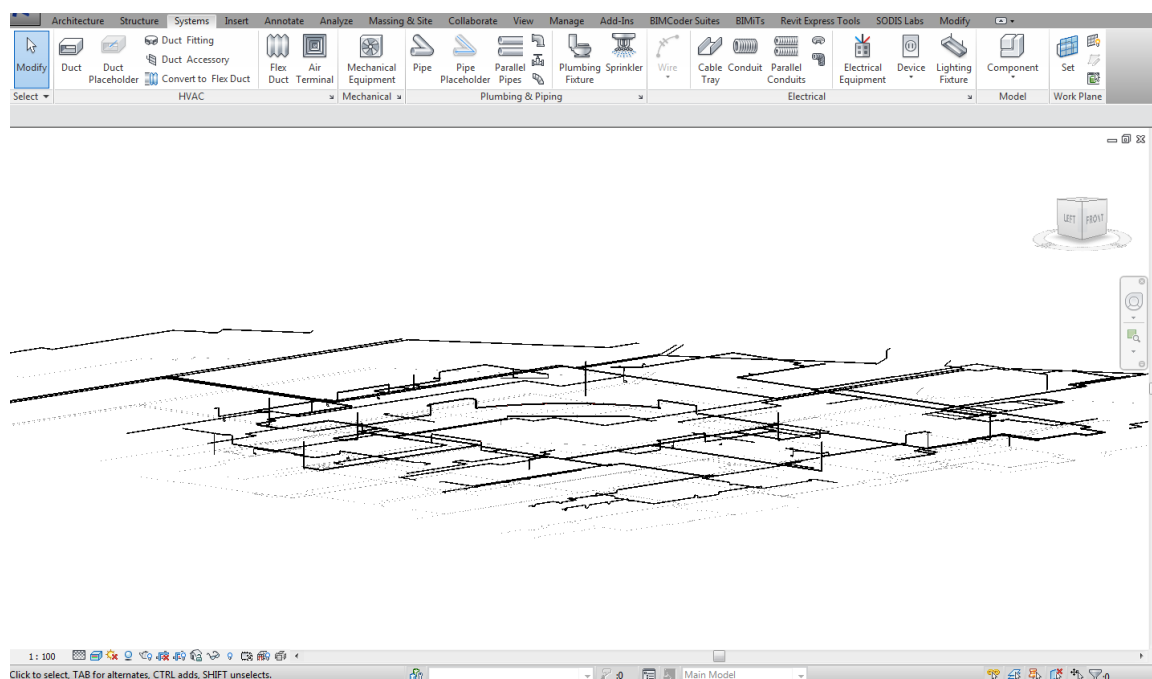


Figura 4.11 - Traçado Rede Incêndio Principal Piso-1 e Piso+0 (interface Revit)



Figura 4.12 - Render da Rede de Incêndio do Piso-1

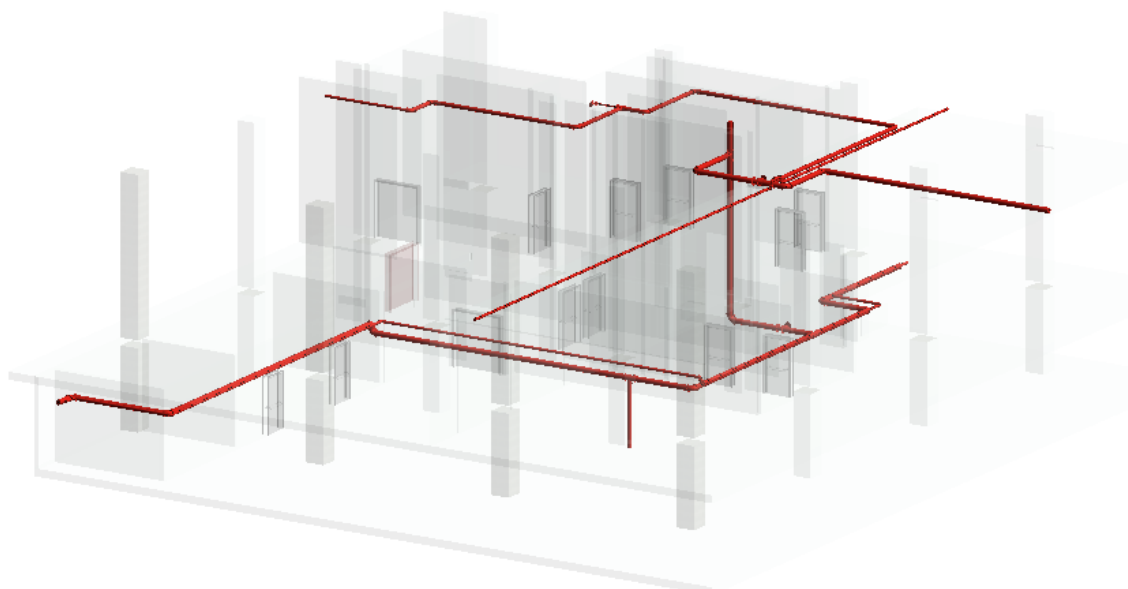


Figura 4.13 - Ligação entre pisos e válvula de prumada

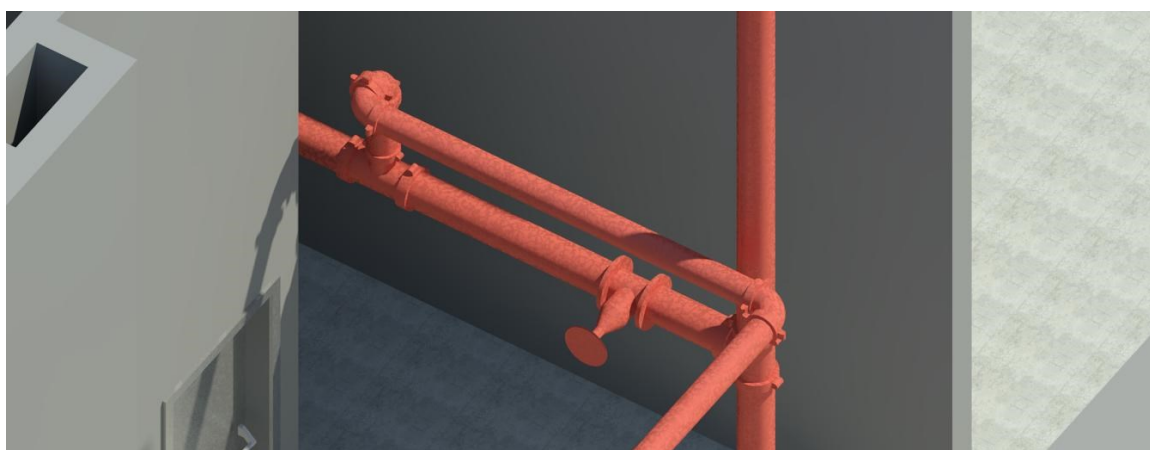


Figura 4.14 - Pormenor Rede de Incêndio Piso +0

Seguidamente modelaram-se posteriormente as portas corta-fogo “de raiz”, já que não estava disponível uma porta com as características das instaladas no edifício (Figura 4.15), introduzindo-as depois no modelo principal de acordo com as plantas 2D disponíveis. O mesmo problema surgiu para os fins-de-linha, por não existirem na biblioteca de componentes do *software* estes dispositivos com aplicação especial. Desse modo houve a necessidade de se modelar “de raiz” esse componente da rede de incêndio para conseguir um modelo fiel (Figura 4.16).

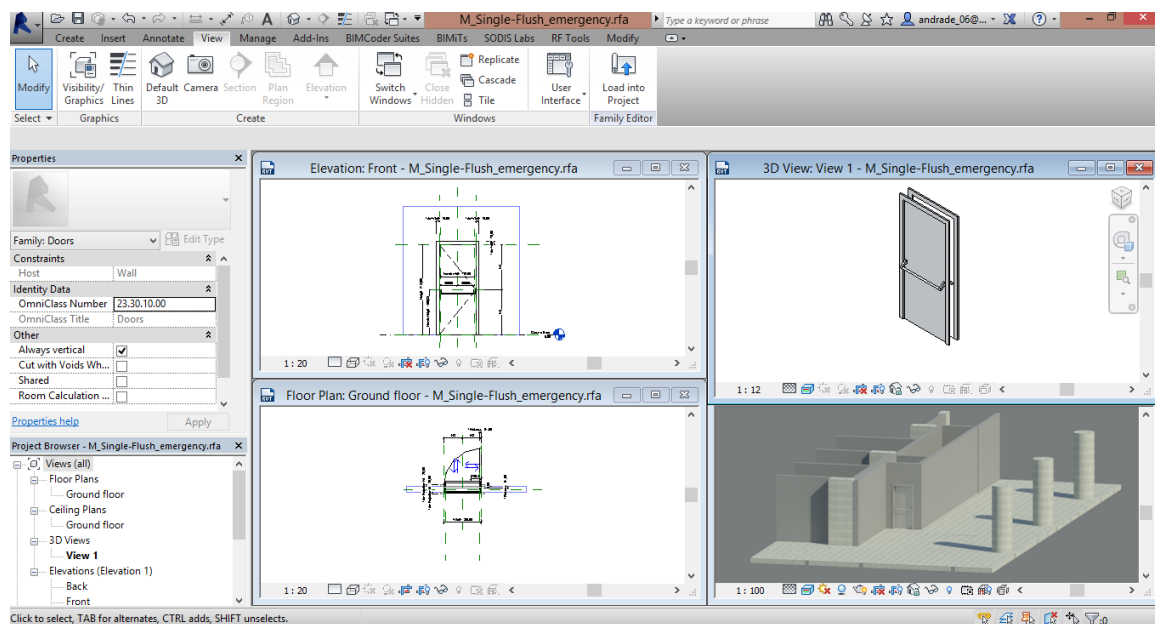


Figura 4.15 - Construção da Porta Corta-Fogo

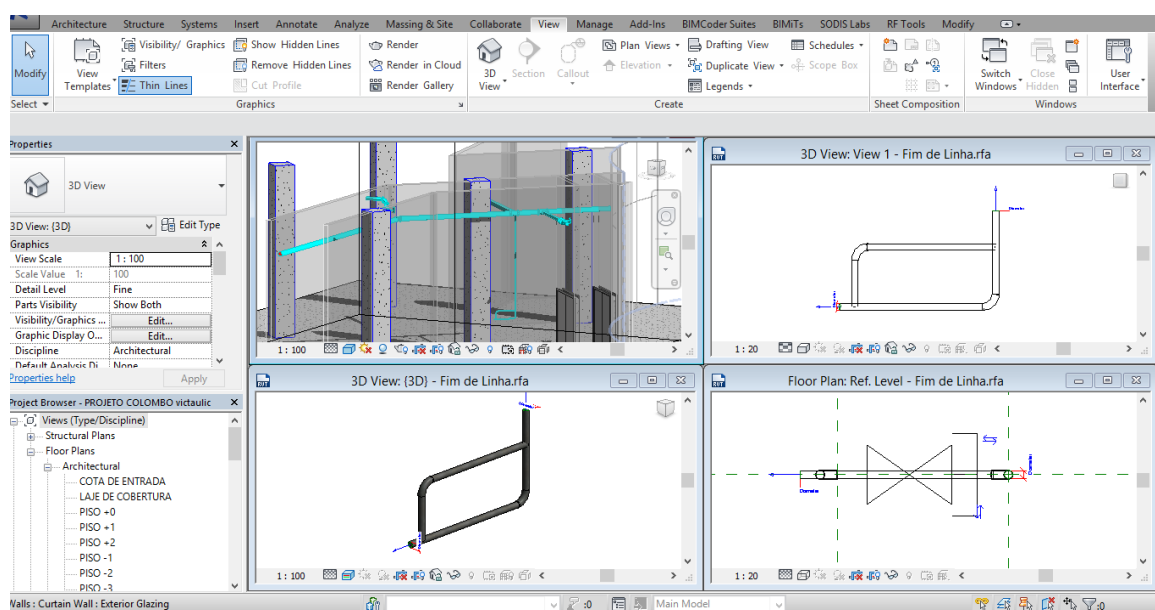


Figura 4.16 - Modelação Fim-de-Linha

Um dos grandes desafios da modelação foi atender ao grande número de dimensões distintas (Figura 4.17), quer das paredes quer dos pilares, portas e mesmo válvulas e acessórios da rede de incêndio. Outro dos desafios foi a modelação de elementos cuja geometria varia muito daquela dos edifícios correntes, como é o caso de pilares trapezoidais ou mesmo da arquitetura das entradas do edifício.

The image shows a screenshot of the Revit software interface. On the left, the 'Properties' panel is visible, showing the 'Schedule: Mapa de Paredes' and 'Edit Type' options. The main area displays two schedules. The first schedule, 'Mapa de Pilares', has columns: A (Base Level), B (Base Offset), C (Family), D (Length), E (Type), F (Count), and G (Top Level). It lists various pillar types with their respective dimensions and counts. The second schedule, 'Mapa de Paredes', has columns: A (Type), B (Width), and C (Count). It lists various wall types with their respective widths and counts. Both schedules show a variety of dimensions and counts for different levels (PSD -0, PSD -1, PSD +0, PSD +1).

Figura 4.17 – Mapas de Pilares e Paredes existentes

4.4. Conceção do Estado Futuro

Para que se conseguisse estudar os efeitos de BIM de acordo com o método de investigação descrito em 3.2.5, será necessário definir, com base na metodologia de redesenho de processos aplicada a este estudo (vd. 3.1.3 e Figura 3.3), o âmbito prático do estudo e os processos que serão analisados.

O conjunto de atividades escolhidas foi baseado no BPMN apresentado por via da Figura 4.3 e da Figura 4.4 e resulta não só da necessidade do processo de localização dos componentes para trabalhos de manutenção em edifícios complexos seja eficaz, já que a ocorrência de uma falha nesses componentes pode resultar em custos avultados se a intervenção não ocorrer de imediato, mas também da possibilidade de testar o acesso à informação por parte dos gestores que por sua vez representa a maior fatia das funções de um *facility manager*. Acrescentando à importância do estudo desta tarefa, está a evidência da multiplicação dessas tarefas nos processos que foram mapeados. Assim, apresenta-se na Figura 4.18 o conjunto de atividades que vão ser alvo de análise, e depois, a constituição da análise por via de testes aos operacionais e gestores.

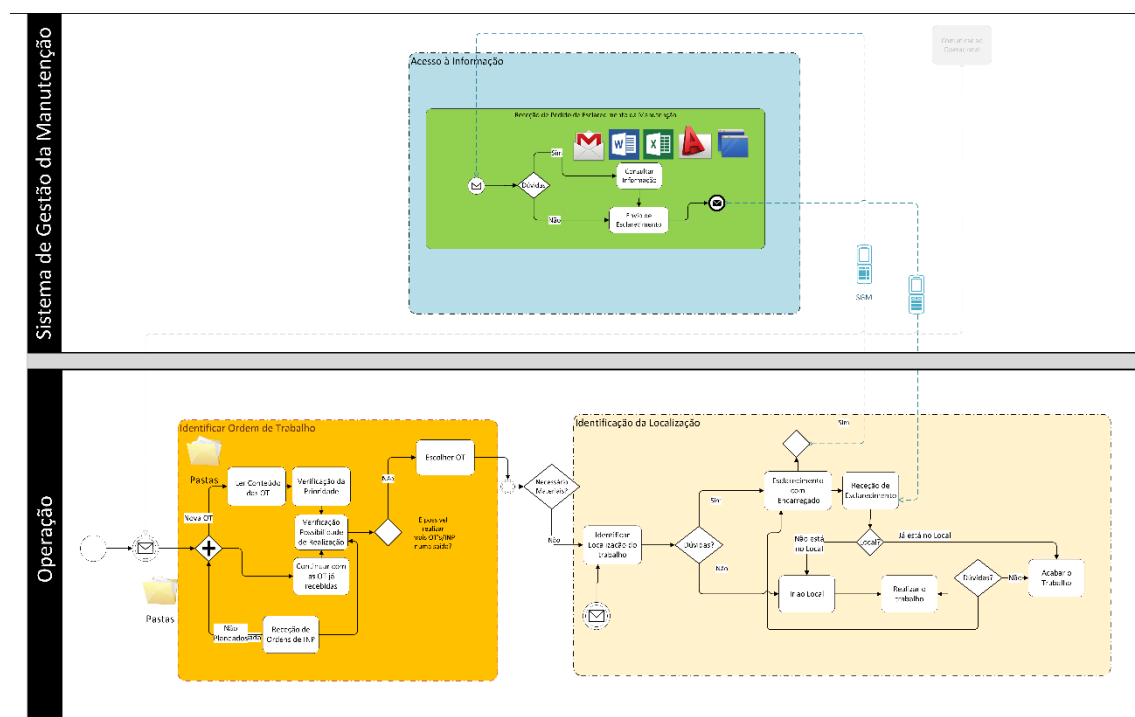


Figura 4.18 - Processos organizacionais sujeitos a análise

4.4.1. Realização dos Testes aos Operacionais da Manutenção

Salienta-se que cada teste será constituído por duas fases distintas: teste sem a utilização de BIM e teste com a utilização de BIM (vd. 3.2.5).

O teste aos operacionais da manutenção foi realizado através do envio de várias OT fictícias desenhadas em conjunto com o SGM. Os operacionais não tiveram a noção de que se tratava de uma OT fictícia para que a sua perceção do trabalho fosse séria. No total foram realizadas 14 OT fictícias, 7 OT utilizando os processos tradicionais e 7 OT integrando BIM, representando 58,3% da população de operacionais dos turnos de manutenção. Conseguiu-se deste modo uma amostra relevante dos métodos de trabalho e dos tempos médios de realização de tarefas. No decorrer das OT procedeu-se ao registo dos tempos de realização das tarefas que constituem o *MMLT*, nomeadamente: *MTTI*; *MTTP*; *MTTV* (vd. 3.1.4). O teor das OT fictícias que foram testadas no método tradicional, foram escolhidas de acordo com o conteúdo introduzido no modelo BIM para que os testes tradicional vs. BIM fossem diretamente comparáveis. Subsequentemente procedeu-se para a realização de OT com a integração de BIM. Nesta fase é importante referir que cada elemento de um modelo BIM está associado ao espaço tridimensional que o rodeia, sendo que esse elemento é identificado universalmente no modelo através do “*Element ID*”. Em cada OT enviada para a área de operação do departamento de manutenção, não houve alteração nem foi retirada qualquer informação que nela seja hábito existir, foi apenas acrescentado a identificação do elemento (*Element ID*). Dessa forma, antes que comesçassem os trabalhos foi pedido ao operacional que identificasse primeiro, o item que necessita intervenção no ambiente BIM através do “*Element ID*”, e que depois desse normal continuidade aos trabalhos.

Denota-se que durante a realização desta análise foram tomadas medidas para que um operacional não realizasse a mesma OT nos testes tradicional vs. BIM de modo a que fosse afastada a hipótese de enviesamento do operacional. Determinou-se que o item da OT seria igual tanto para o teste do método tradicional, como para o teste com BIM. Deste modo, a distância do equipamento à oficina é a mesma, eliminando-se a dependência dos resultados para com esta variável.

A introdução da identificação do elemento nas OT, resulta da necessidade de se simular as aplicações que neste momento já permitem o envio de OT em ambiente totalmente virtual. Por conseguinte, nessa OT “virtual” já está associado o elemento do modelo BIM e dessa forma, o operacional assim que recebe a OT, é automaticamente direcionado para o elemento na interface da aplicação. Esta abordagem resulta da impossibilidade durante este estudo, de se obter a licença de uso de uma aplicação com estas características.

De seguida apresenta-se no Quadro 4.4 os testes seguindo os procedimentos tradicionais e no Quadro 4.5 as mesmas OT, mas usando BIM. Acrescenta-se na coluna da OT do Quadro 4.5 o número de identificação do elemento no modelo, e preenche-se as células desse quadro com um código de cores para que seja mais fácil a perceção das diferenças entre o método tradicional e BIM.

Quadro 4.4 - Testes método tradicional

<i>Ordens de Trabalho (OT)</i>	<i>TTI (s)</i>	<i>TTG (s)</i>	<i>TTV (s)</i>	<i>TTP (s)</i>	<i>TTO (s)</i>	<i>MTTR (s)</i>	<i>MLT (s)</i>
1 <i>Intervenção Carretel 412 Zona 4 CT.13 Corredor Técnico Toys r' Us</i>	35	124	104	20	159	3000	3263
2 <i>Intervenção Porta-Corta Fogo 0.010 CT 1</i>	57	102	86	16	159		3234
3 <i>Intervenção na válvula de Zona P-1.10</i>	65	606	155	451	672		3827
4 <i>Corte de Válvula de Zona P0.7</i>	52	477	98	379	529		3627
5 <i>Intervenção Fim-de-Linha 0.21 CT 4</i>	57	114	110	4	171		3281
6 <i>Intervenção numa tubagem da RIA</i>	150	128	81	47	278		3359
7 <i>Substituir sinalética de emergência (Rua das Índias)</i>	52	137	122	15	189		3311
	<i>MTTI (s)</i>	<i>MTTG (s)</i>	<i>MTTV (s)</i>	<i>MTTP (s)</i>	<i>MTTO (s)</i>		<i>MMLT (s)</i>
<i>Média</i>	67	241	108	133	308		3414
<i>Média Aparada</i>	64	229	107	123	296		3402

Quadro 4.5 - Testes usando BIM

	<i>Ordens de Trabalho (OT)</i>	<i>TTI</i> (s)	<i>TTG</i> (s)	<i>TTV</i> (s)	<i>TTP</i> (s)	<i>TTO</i> (s)	<i>MTTR</i> (s)	<i>MLT</i> (s)
1	Intervenção Carretel 412 Zona 4 CT.13 Corredor Técnico Toys r' Us (ID:794456)	32	116	104	12	148	3000	3220
2	Intervenção Porta-Corta Fogo 0.010 CT 1 (ID:477346)	56	94	86	8	150		3180
3	Intervenção na válvula de Zona P-1.10 (ID: 785536)	36	156	155	1	193		3311
4	Corte de Válvula de Zona P0.7 (ID:565295)	41	98	98	0	140		3196
5	Intervenção Fim-de-Linha 0.21 (ID:831534)	46	113	110	3	158		3223
6	Intervenção numa tubagem da RIA (ID:587748)	65	87	81	6	152		3168
7	Substituir sinalética de emergência (Praça Novo Mundo) (ID:577452)	59	129	122	7	188		3251
		<i>MTTI</i> (s)	<i>MTTG</i> (s)	<i>MTTV</i> (s)	<i>MTTP</i> (s)	<i>MTTO</i> (s)		<i>MMLT</i> (s)
	<i>Média</i>	48	113	108	5	161		3221
	<i>Média Aparada</i>	48	112	107	5	161		3219

Resultados positivos
 Resultados negativos
 Resultados similares

Nos dois quadros acima, o termo *MTTV* representa o regresso do operacional à oficina da manutenção, onde este depois fica disponível para realizar outra OT. A coluna *MTTV* está similar nos dois quadros, mas no entanto, não foram esses os valores que resultaram do teste. O BIM não trará benefícios na tarefa de regressar à oficina, já que todos os trabalhadores sabem a sua localização. Portanto, para que a variáveis *MTTP*, *MTTO* e *MMLT* não seja dependentes das variações da variável *MTTV*, foi constituída a média dos valores reais dos quadros dos dois testes. Os resultados originais são apresentados no Quadro 4.6. Durante os testes foi estipulado para cada OT que o caminho tomado até ao item fosse o mesmo, tanto para a deslocação como para o regresso à oficina, tanto para os testes no método tradicional e usando BIM para que se pudesse comparar diretamente os dois conjuntos de dados. Como a variável *MTTR* não será analisada (vd. 3.1.4) arbitrou-se um valor verosímil para essa variável, desse modo, *MTTR* = 50 min.

Quadro 4.6 - Cálculo média valores de *MTTV*

<i>OT</i>	<i>MTTV (tradicional)</i>	<i>MTTV (BIM)</i>	<i>Média MTTV</i>
1	102	106	104
2	84	88	86
3	156	154	155
4	99	97	98
5	110	110	110
6	79	82	81
7	121	123	122

4.4.1.1 A escolha das OT

As OT foram escolhidas com uma base metodológica e de acordo com o conhecimento do edifício e dos processos de trabalho adquiridos por *action research* que permitisse a extrapolação dos seus resultados para itens/equipamentos de outras instalações especiais.

A OT n.º 1 diz respeito à intervenção de um carretel, que por si representa um equipamento da rede de incêndio, mas partilha propriedades, como objeto, com outro tipo de equipamentos, como por exemplo: uma UTA ou contador de eletricidade.

A OT n.º 2 faz referência a uma porta corta-fogo que pelas suas características podemos extrapolar os resultados para outro tipo de portas existentes no edifício.

No que concerne à OT n.º 3, o equipamento em questão é uma válvula podendo-se equiparar com outras válvulas da instalação de gás natural e de AVAC e também devido ao fato de que nas imediações da válvula existirem outras válvulas, podendo-se testar se iriam ocorrer erros. Já a OT n.º 4, foi realizada devido aos resultados da OT n.º 3 terem sido bastante positivos e querer-se confirmar esses resultados, e também pelo facto desta válvula se encontrar num local não à vista e a uma altura considerável.

Na OT n.º 5, o objetivo era o teste a equipamentos distribuídos em grande número pelo centro onde a sua localização é vagamente conhecida e que a única informação que consta na OT é o corredor técnico se estiverem localizados nos pisos superiores, ou o pilar se estiver localizado nos pisos inferiores. Os fins-de-linha apresentam precisamente essas características, onde a localização pode ser facilmente entendida ou não.

O objetivo da OT n.º 6 é testar todos os itens que não têm uma localização específica, ou desenvolvem-se numa extensão considerável, tal é o caso de uma tubagem. Se a OT se referir a uma tubagem num corredor técnico ou acima de um teto falso, essa informação é imprecisa o suficiente para que surjam dúvidas e trabalhos a mais, originando desperdício, podendo-se ainda relacionar os resultados desta OT para todos os tipos de tubagem existentes no edifício, já que as características fundamentais são iguais.

Na OT n.º 7, objetivo era testar os itens/equipamentos de pequenas dimensões em relação às do edifício. De modo a que fosse possível estudar se as dimensões de um item estão relacionadas com uma maior ou menor facilidade de interpretação da OT usando BIM. A placa de sinalização

de emergência possui essas características, podendo-se relacionar com outro tipo de itens, como uma luminária ou um projetor esteja colocado no piso, nas paredes ou nos tetos falsos.

4.4.1.2 Exposição das OT e dos trabalhos efetuados

Na OT n.º1, a redução de tempo na interpretação da OT não é significativa dado que, na informação contida na OT está incluído o n.º do carretel, o corredor técnico e a zona do centro onde está localizado, informação que os operacionais têm mais ou menos presente conseguindo rapidamente, mas de forma imprecisa, a localização do item. Na Figura 4.19 está demonstrada a informação a que o operacional teve acesso, após efetuar o pedido ao *software* para identificar o item utilizando o “*Element ID*”. A transmissão de informação por BIM, faz-se de forma implícita e explícita, ou seja: o piso, o corredor técnico, a altura a que está instalado, etc., são informações explícitas; já a planta que é automaticamente aberta e a “*3D section box*” transmitem informação implícita, pois é possível perceber que o carretel em questão é o último daquele corredor técnico e que está instalado naquela parede específica. Esta informação permitiu ao operacional conhecer a identificação exata do equipamento distinguindo-o de outros carretéis que estão localizados também no corredor técnico 13, contrastando com o método tradicional, em que não é possível este tipo de precisão. Depois da interpretação da OT, segue-se a deslocação do operacional até ao item/equipamento. No método tradicional o operacional seguiu para o corredor técnico indicado na OT, mas no entanto sem uma definição clara da localização do item. Essa imprecisão levou a sucessivas verificações por parte do operacional de todos os carretéis desse corredor técnico originando desperdícios de tempo. Com BIM essa situação já não se verificou, a qualidade da informação foi preponderante, dado que o operacional deslocou-se unicamente até ao carretel correto, poupando-se tempo e reduzindo o desperdício, eliminando a tarefa de confirmação das placas identificadoras.

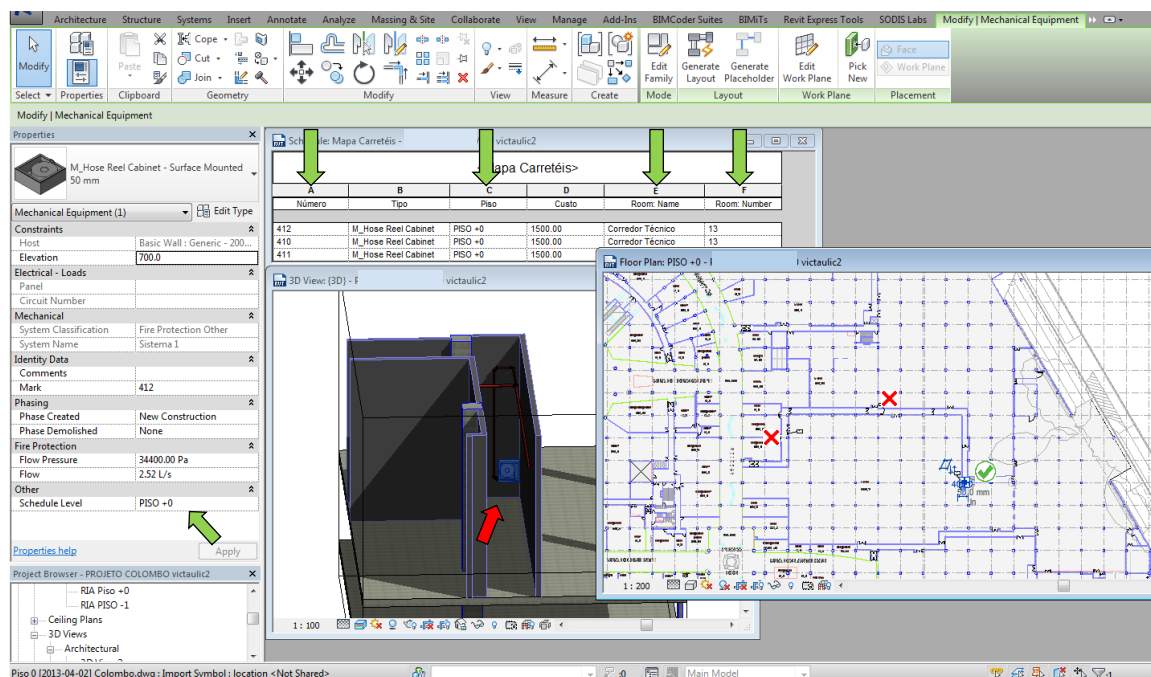


Figura 4.19 - Exposição da OT n.º1 utilizando BIM

Já na OT n.º 2, quando dos testes com a utilização de BIM, ocorreu um erro no *software* pois a opção “*highlight in model*” não ficou imediatamente disponível, resultando no aumento de tempo da interpretação provocando igualmente o aumento do tempo total (*MLT*) e do tempo de organização (*TTO*). No entanto não se descartou a OT, pois ao utilizarmos os seus dados estaríamos do lado conservador durante a análise e conclusões. Apesar deste revés, obteve-se um tempo sensivelmente igual ao do método tradicional. O que nos indica que em condições normais obteríamos resultados positivos.

Contudo esta OT no método tradicional contém também informação do corredor técnico (CT 1), do piso e número da porta corta-fogo – 0.010, não se verificando melhoria significativa no tempo de interpretação da OT, pelas mesmas razões da OT n.º1, pois assim que o operacional interpreta a informação do número da porta e do corredor técnico, segue para o campo. Posteriormente no seguimento do trabalho, observa-se que apesar de não ter havido impacto na interpretação da OT usando BIM, o tempo de deslocação ao item melhorou, devendo-se esta constatação à informação que o operacional retira de BIM, eliminando confirmações sucessivas do número da porta corta-fogo à semelhança do ocorrido com a OT n.º1.

Na OT n.º3 no método tradicional, apenas consta o número da válvula, mas não a sua localização, tornando-se necessário consultar informação extra contida noutros repositórios, ou mesmo conferenciar com outros colegas para se chegar a uma conclusão levando ao aumento do tempo utilizado.

Usando BIM foi reduzido o tempo utilizado, pois o operacional elimina a tarefa de consulta de outra informação, assim como a possibilidade de errar no campo dado que nesta situação existem duas válvulas muito próximas, eliminando ainda a necessidade de localizar no campo as placas de identificação das válvulas (Figura 4.21), que podem não estar visíveis, ou mesmo, diretamente no local à válvula a que se refere. No método tradicional esta situação origina conflitos e erros como foi confirmado no campo. Mesmo que a sinalética já não esteja presente por motivos alheios, não irá afetar os trabalhos pois o operacional já recebeu a informação de forma visual situando-se nas condicionantes do local.

Posteriormente o operacional desloca-se para a execução da OT, a qualidade da informação de BIM permitiu mitigar por completo os erros de atuação, isto porque segundo o método tradicional, e apesar de todas as válvulas terem uma placa identificadora colocada num local o mais próximo possível daquela, o operacional não conseguiu localizar a válvula à primeira tentativa, deslocando-se pelo espaço e afastando-se dezenas de metros, olhando para outras válvulas tentando a localização. Esta situação levou a um telefonema diretamente para o SGM que consultou a informação e que posteriormente a transmitiu ao operacional. A somar ao tempo desperdiçado, o operacional não se apercebeu à primeira tentativa que estava precisamente no local da instalação da válvula, pois não conseguiu identificar a válvula pela placa identificadora. Mais uma vez se afirma que a qualidade da informação é de extrema importância, e foi flagrante não só nesta OT mas também em outras. Com o uso de BIM, tais situações foram mitigadas, conseguindo reduzir-se significativamente o tempo demorado para a localização da válvula, já que no momento da interpretação da OT (Figura 4.20) o operacional já tinha a noção de qual a válvula que procurava, de entre as que estavam nas imediações.

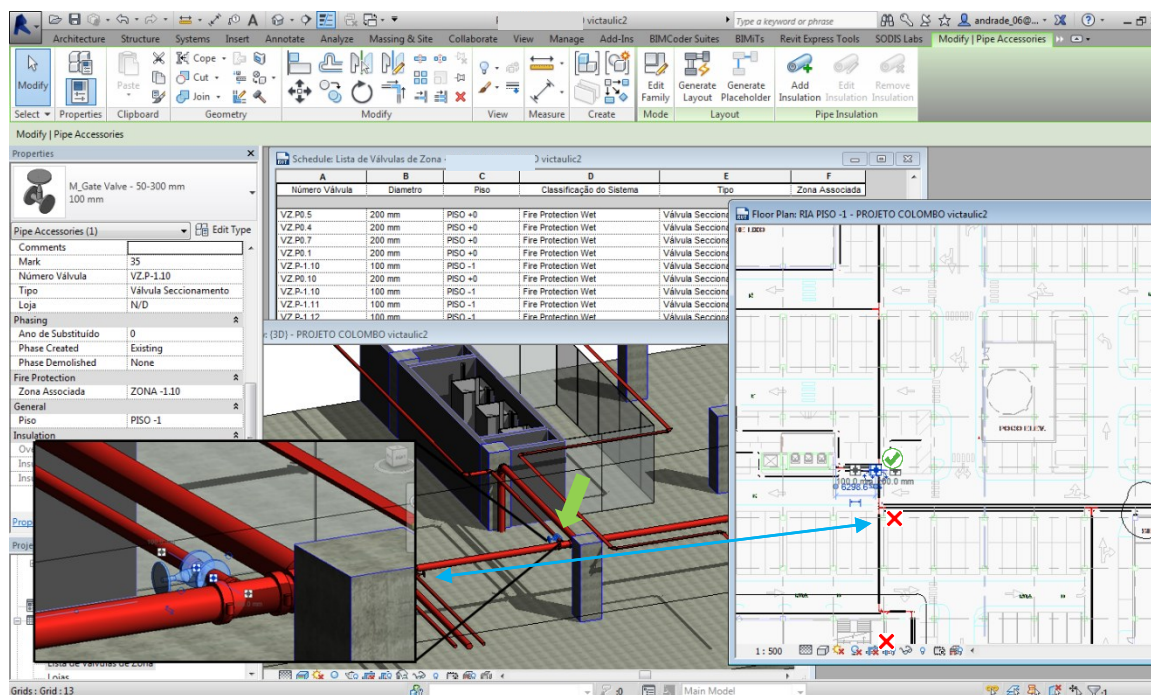


Figura 4.20 - Representação da informação da OT n.º3



Figura 4.21 - Placa identificadora de válvula de *sprinklers*

Na execução da OT n.º 4 o operacional teve de consultar, para além da OT, as telas da rede incêndio à semelhança do que ocorreu na OT n.º3. Na OT executada usando BIM (Figura 4.22) o tempo de interpretação da OT decresceu, pois a informação e o item são automaticamente demonstrados pelo modelo. No modelo é ainda possível perceber as condições de acesso da válvula, nomeadamente, onde está o alçapão em relação à disposição arquitetónica. Também é possível conhecer o diâmetro da válvula para que o operacional escolha as ferramentas adequadas, é ainda indicada a cota de instalação. Todas estas informações que são possíveis de retirar do modelo, quer explícitas quer implícitas, não foram transmitidas usando o método tradicional (Figura 4.23), aliado ao facto de que a informação das plantas em formato *dwg* e PDF são contraditórias entre si, o que durante a atuação do operacional no campo, teve consequências como demonstrado pelos resultados. No que toca depois à atuação dos operacionais os resultados foram similares à OT n.º3 Neste caso o operacional, devido à informação de teor apenas descritivo recebida na OT do método tradicional, tentou

identificar a válvula em vários locais do centro em redor do local de instalação não conseguindo. Quando finalmente identificou o local da válvula apercebeu-se que não conseguiria realizar a OT dado que não transportou uma escada de 2 lances para conseguir chegar ao alçapão, obrigando à deslocação novamente à oficina, voltando depois ao local e só depois conseguiu localizar a válvula por cima do alçapão. Quando a mesma OT foi realizada tendo por base BIM, nenhum destes erros ocorreu, pois o operacional já sabia que era necessário uma escada e já sabia que a válvula era somente acessível por via de um alçapão no *mall*, originando comentários:

“Tenho de levar uma escada de dois lances porque a válvula está em altura”

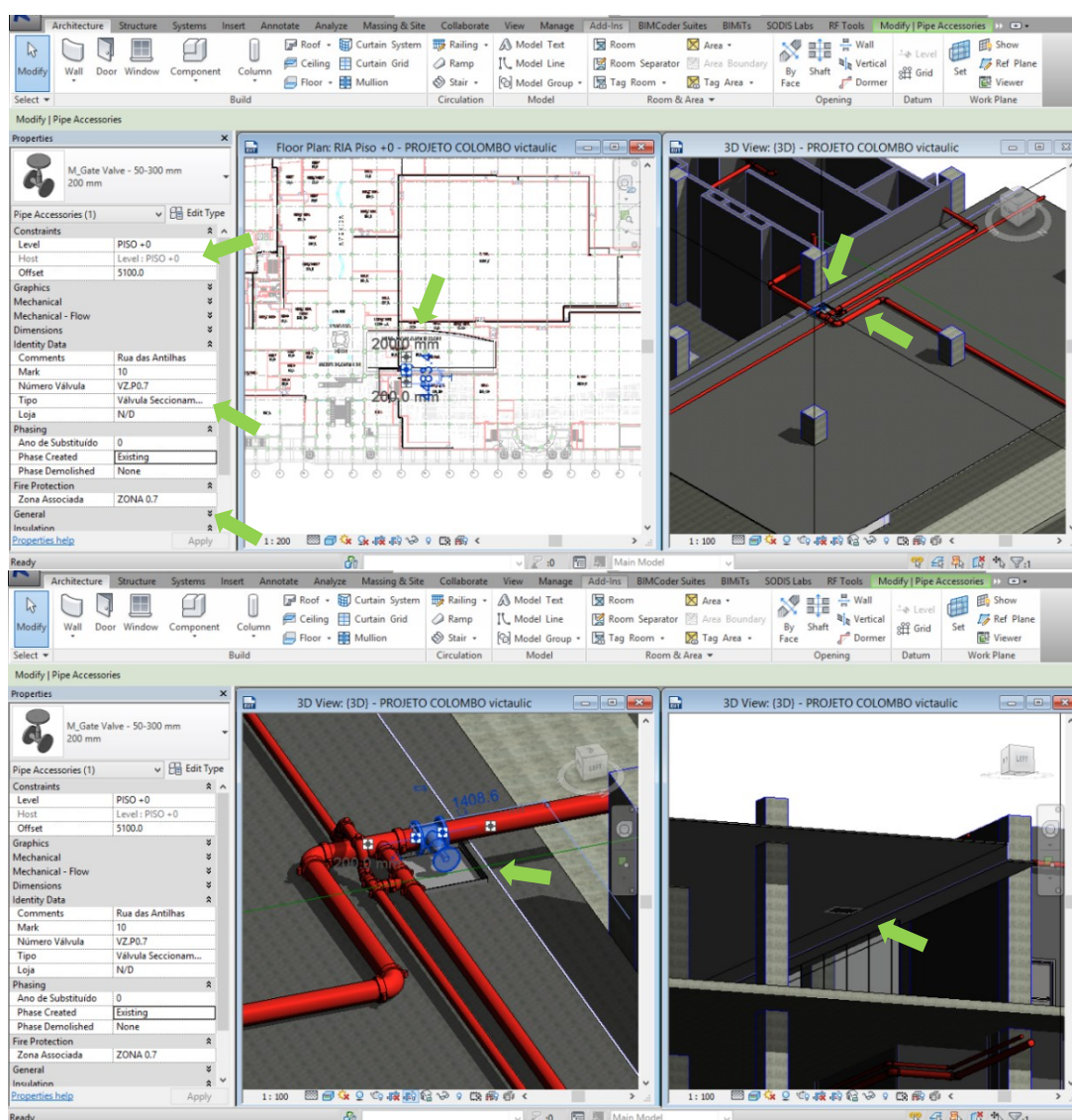


Figura 4.22 - Representação da informação disponível na OT n.º 4

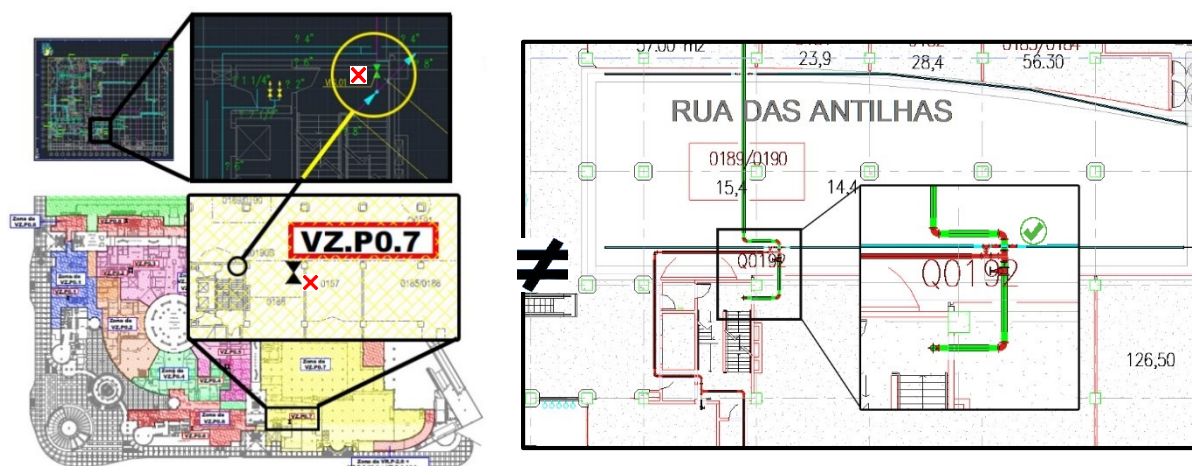


Figura 4.23 - Representação da informação OT n.º4 MT VS BIM

Em relação à OT n.º5, que diz respeito a um fim-de-linha (Figura 4.25), no método tradicional, a informação contida na OT é apenas o corredor técnico e o número do Fim-de-Linha, não havendo telas em papel ou formato digital que possam ser consultadas, esta condicionante pode não ser aplicável noutros edifícios, mas no entanto, caso existissem plantas para o efeito o operacional teria sempre de consultar outros documentos caso tivesse dúvidas. No ambiente BIM a interpretação da OT foi mais rápida, dado que o operacional precisa de se situar mentalmente, tendo como base a informação que dispõe, demorando sempre mais tempo do que quando a informação lhe é apresentada de uma forma imediata, como acontece com BIM, seja essa informação implícita ou explícita. Na prossecução da OT, o tempo de deslocação não reduziu significativamente entre BIM e o método tradicional. Tal fato teve origem na identificação do item não intencional por parte do operacional no método tradicional, situação que também tomou o operacional de surpresa. Caso contrário o mesmo procedimento de verificação das placas identificadoras de modo sequencial que sucedeu na OT n.º1 e n.º2 tomaria lugar até à identificação do fim-de-linha associado à OT. Com BIM esse procedimento de pesquisa no campo é eliminado. Na Figura 4.24 é representado de modo estático a informação a que o operacional teve acesso.

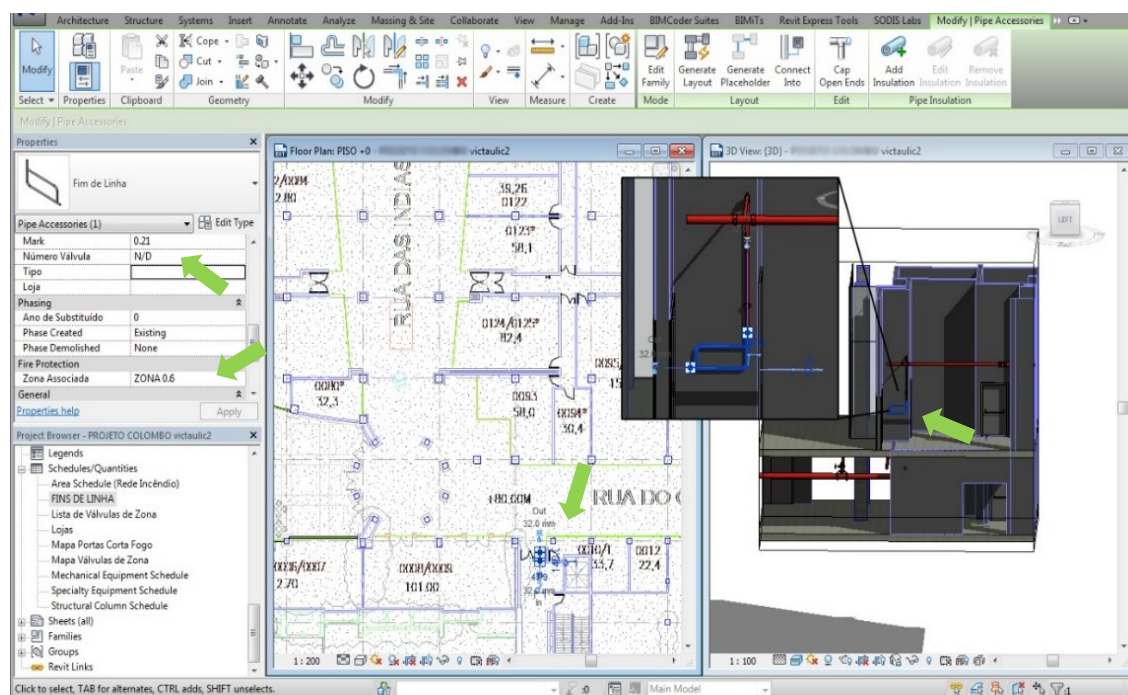


Figura 4.24 - Representação da informação da OT n.º 5



Figura 4.25 - Fim-de-Linha

A OT n.º 6 foi a que mais beneficiou do uso de BIM no que toca à interpretação da OT, havendo uma redução acentuada do tempo medido (*TTT*). Isto deve-se em primeiro lugar, à dificuldade de comunicar nas OT itens/equipamentos a localização de itens mais abrangentes como uma tubagem, onde não existe uma clara associação a um ponto de referência, não bastando transmitir que está localizada no corredor técnico x ou y, dado que podem existir várias tubagens num mesmo espaço (Figura 4.26), quer estejamos a intervir em tubagens da rede de incêndio, AVAC, esgoto ou mesmo gás natural, mesmo a indicação do diâmetro pode não ser suficiente em muitas situações como na situação 1 e 3 da Figura 4.26, além de que, se a tubagem se localizar num dos pisos de parque de estacionamento, não existirão corredores técnicos que possam de algum modo, dar alguma noção da localização. A cota de instalação da tubagem e as condições de acesso são também

informações ausentes no método tradicional. Quando é emitida uma OT deste tipo é frequente ocorrerem situações onde é necessário a gestão se deslocar ao local da tubagem para esclarecer o operacional de qual a tubagem que sofrerá intervenção, a demanda por recursos da gestão acarreta custos como demonstrado através dos mapas VSM (vd. Figura 4.37 e Figura 4.38). Existe ainda, no método tradicional, a dificuldade com que a informação é percebida em ambiente *AutoCAD*: as tubagens são representadas por via de linhas simples que devido à natureza do ambiente *AutoCAD*, se torna mais difícil a identificação (Figura 4.28), especialmente se forem tubagens verticais.

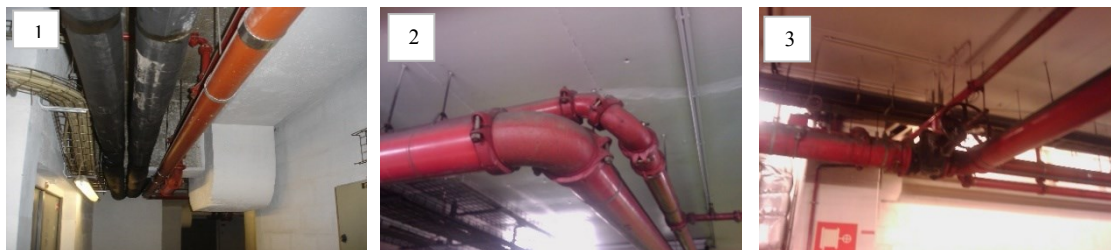


Figura 4.26 - Exemplo de várias tubagens no mesmo espaço

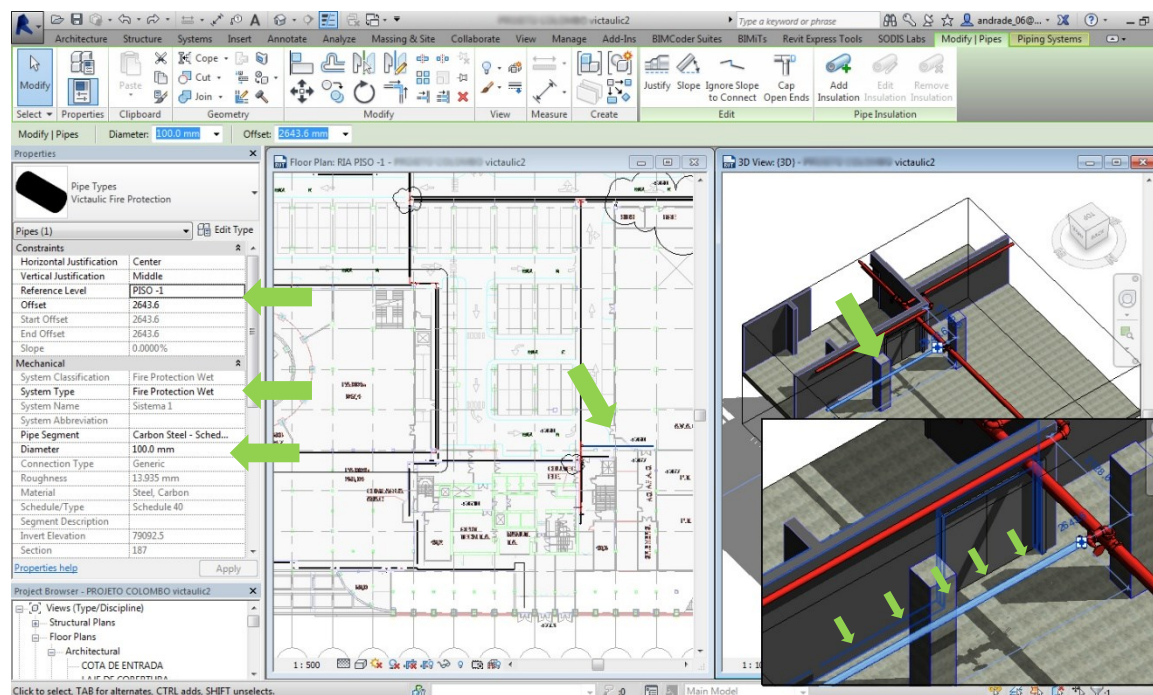


Figura 4.27 - Representação da informação da OT n.º 6

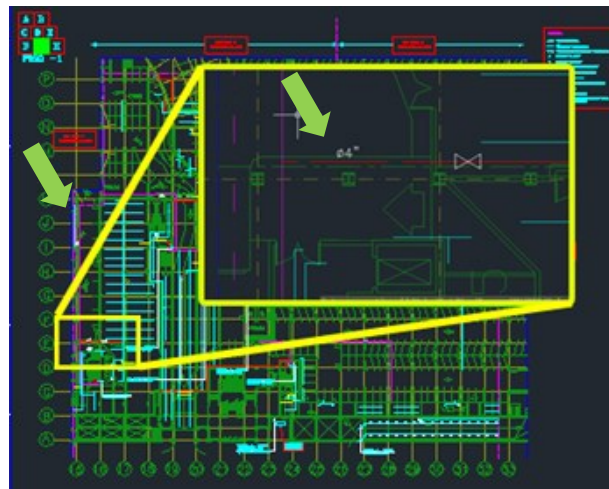


Figura 4.28 - Representação da informação da OT n.º6 MT

Com BIM, tais situações são evitadas, dado que o elemento da OT foi automaticamente identificado como mostra a Figura 4.27, ficando o operacional sem dúvidas para prosseguir o trabalho, podendo-se a partir desse ponto planear a intervenção. De notar ainda que na Figura 4.28 a válvula instalada naquela tubagem está representada erradamente, sendo uma deficiência recorrente de informação em manutenção de edifícios. Posteriormente, a qualidade da informação permitiu ao operacional perceber que também necessitava de uma escada de 2 lances, informação que não é geralmente transmitida nas OT. Com BIM essa informação está naturalmente associada ao elemento e facilmente acessível, possibilitando localizar eficazmente a tubagem a que se refere a OT de entre as tubagens instaladas nas imediações. Desse modo o operacional fica ciente do meio em que vai trabalhar, levando consequentemente à redução do tempo de atuação.

Finalizando os testes aos operacionais, a OT n.º7 registou um aumento de tempo no que diz respeito à interpretação do trabalho e identificação do item. Como o item é de dimensões reduzidas a manipulação do modelo BIM é mais demorada (Figura 4.29).

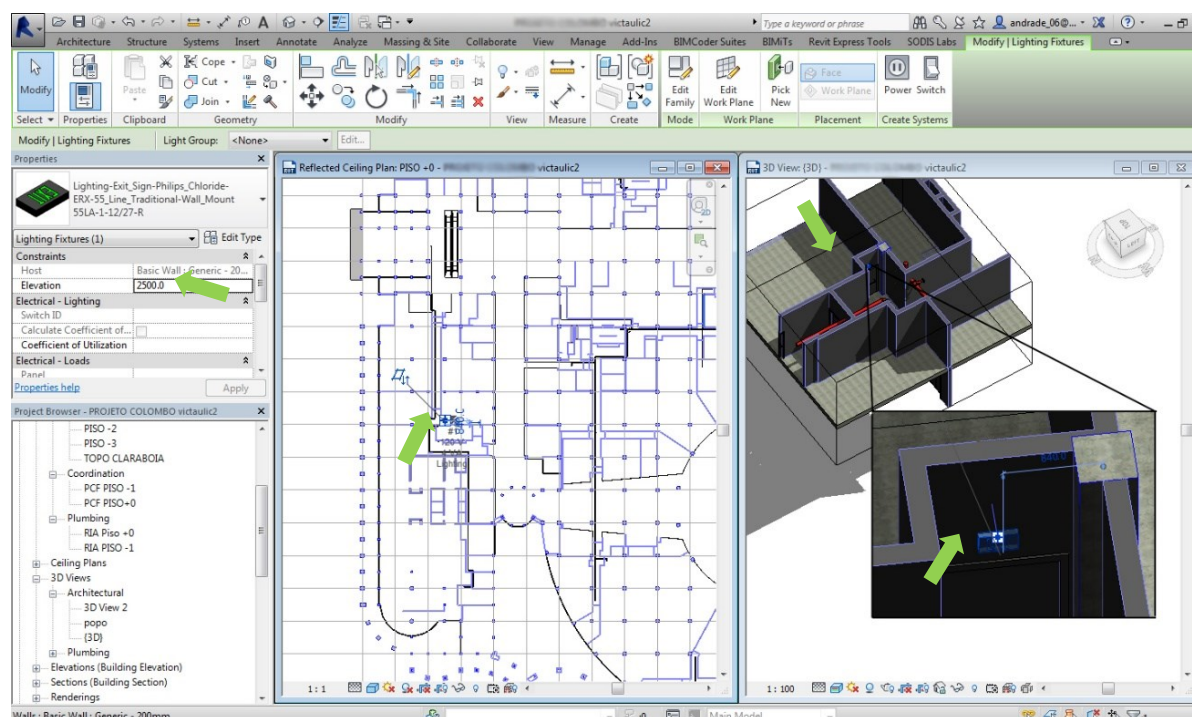


Figura 4.29 - Representação da informação da OT n.º 7

Na última OT o BIM também se revelou útil, pelas mesmas razões de outras OT, pois o operacional já sabe exatamente onde está instalada a sinalética, eliminando o desperdício que ocorre na tentativa de identificar as placas, dado que num mesmo espaço podem estar instaladas várias sinaléticas e dependendo da perspetiva, ocultadas por sinaléticas de dimensões superiores, fatores que revelam que somente a informação do local de instalação pode não ser suficiente. Assim como é frequente negligenciar as placas de identificação de equipamentos é esperado que tal situação também aconteça com este tipo de OT, especialmente se as sinaléticas não forem iluminadas e de dimensão reduzida. O procedimento frequente da deslocação de um elemento da gestão em conjunto com um operacional para se esclarecer quais os itens a que se refere a OT, é também neste tipo de trabalhos eliminado com o uso de BIM.

4.4.2. Realização dos Testes aos Elementos da Gestão/Administração

O mesmo procedimento descrito em 3.2.5 foi adotado para a realização dos testes ao pessoal pertencente à área de gestão da manutenção, assim sendo, os testes consistiram em 14 perguntas aos dois elementos que compõem o SGM, 7 perguntas usando os processos de acesso à informação tradicional, e 7 perguntas integrando BIM. O teste possibilita portanto, o estudo da eficiência da utilização da informação do edifício, conseguindo-se aferir sobre o tempo médio dos processos que representam o acesso à informação. Como anteriormente, as perguntas terão de se centrar na quantidade de informação compilada no modelo BIM durante a fase de modelação.

O questionário foi realizado de modo a que o autor fizesse a pergunta e o gestor tinha que responder utilizando os recursos que utiliza tradicionalmente, sendo o tempo desde a pergunta até à resposta registado pelo autor. Este método foi utilizado igualmente para o teste utilizando BIM.

Esperava-se uma perda de produtividade nos testes com BIM, já que o treino dos trabalhadores ao *software* era inexistente, no entanto os dados foram de imediato superiores ao método tradicional. De acordo com a Figura 3.7, podemos concluir que ainda existe espaço para aumentar a produtividade no acesso à informação. Apesar de aquela figura nos demonstrar uma diminuição da produtividade imediatamente após a introdução de um SI, e posteriormente um progressivo aumento da mesma, neste caso, houve imediatamente um acréscimo sendo que esse crescimento pode ser acentuado mediante treino dos trabalhadores. No Quadro 4.7 apresenta-se os dados resultantes dos testes ao SGM.

Quadro 4.7 - Testes Gestão/Administração

<i>Perguntas</i>		<i>Tradicional</i> <i>Acesso à informação</i> <i>(s)</i>	<i>BIM</i> <i>Acesso à informação</i> <i>(s)</i>
1	<i>Medidas de porta corta-fogo para realizar encomenda</i>	322	16
2	<i>Estimativa de orçamento para substituição de 5 Portas Corta-Fogo</i>	262	17
3	<i>Área de uma Loja no Piso +0</i>	24	23
4	<i>Zona de Corte de uma área que afeta o Abastecimento de Água da Rede de Incêndio</i>	61	65
5	<i>Criação de uma Circular identificando as lojas afetadas pelo corte de abastecimento de água</i>	109	73
6	<i>Necessário Substituir válvula p-1.10 Qual o DN, e tipo de válvula?</i>	1169	12
7	<i>Qual a localização da porta Corta-fogo.</i>	61	20
<i>Médias</i>		287	32
<i>Média Aparada</i>		253	32

4.4.2.1 A escolha dos testes

A escolha dos testes efetuados teve por base o conhecimento adquirido pelo autor do trabalho da gestão durante a *action research*. As simulações apresentadas fundamentam-se em situações reais que ocorreram durante a integração do autor na equipa de manutenção do edifício.

4.4.2.2 Exposição dos testes efetuados

No teste n.º1 foi simulada uma situação em que era necessária a substituição de uma porta corta-fogo, e para tal, era necessário conhecer as medidas dessa porta, que foi escolhida aleatoriamente. No método tradicional a informação foi pesquisada através das variadas aplicações enunciadas anteriormente, culminando no insucesso da pesquisa o que resultou na deslocação da gestão ao local para efetuar as medições manualmente. Com BIM, essa informação foi obtida rapidamente, reduzindo-se o desperdício e eliminando a deslocação da gestão, ao mesmo tempo que se reduz os custos, importando ainda referir, que quantas mais unidades forem necessárias medir mais positivos serão os resultados. Demonstra-se na Figura 4.30 a pesquisa por essa informação em BIM, Durante o qual foram proferidos comentários reconhecendo o valor de BIM:

“Já está aqui, não é necessário procurar mais”

É ainda visível na Figura 4.30 a associação dos documentos relativos aos itens/equipamentos, resultando num acesso à informação mais célere e eficaz, estando essa informação á distância de um “clique”. Associados aos elementos estão: o fornecedor, a classe de incêndio, o custo, ano em que a porta foi substituída e o período em que se espera que seja necessária a substituição, obtido por um parâmetro calculado associado a todos os elementos do modelo BIM. Esta integração da informação culmina nos resultados bastante positivos melhorando as operações.

No teste n.º2 simula-se a associação de custos dos itens/equipamentos. Obteve-se um resultado bastante positivo. A Figura 4.31 demonstra também a informação necessária à obtenção desses dados para uma posterior encomenda. No método tradicional o custo das portas corta-fogo foi obtido após a exploração de todos os documentos possíveis de conterem essa informação, nomeadamente em, PDF, EXCEL e ainda correspondência eletrónica com o fornecedor. Com BIM torna-se possível a obtenção desses parâmetros e posterior produção de documentação mais eficaz.

Tanto o 1º e 2º testes foram realizados independentemente e de forma não sequencial, no entanto se estas tarefas se realizarem de forma sequencial e interligadas (caso mais provável), o benefício em BIM de toda a informação estar contida num mesmo mapa, e acima de tudo, associada a cada elemento, seria ainda mais evidente.

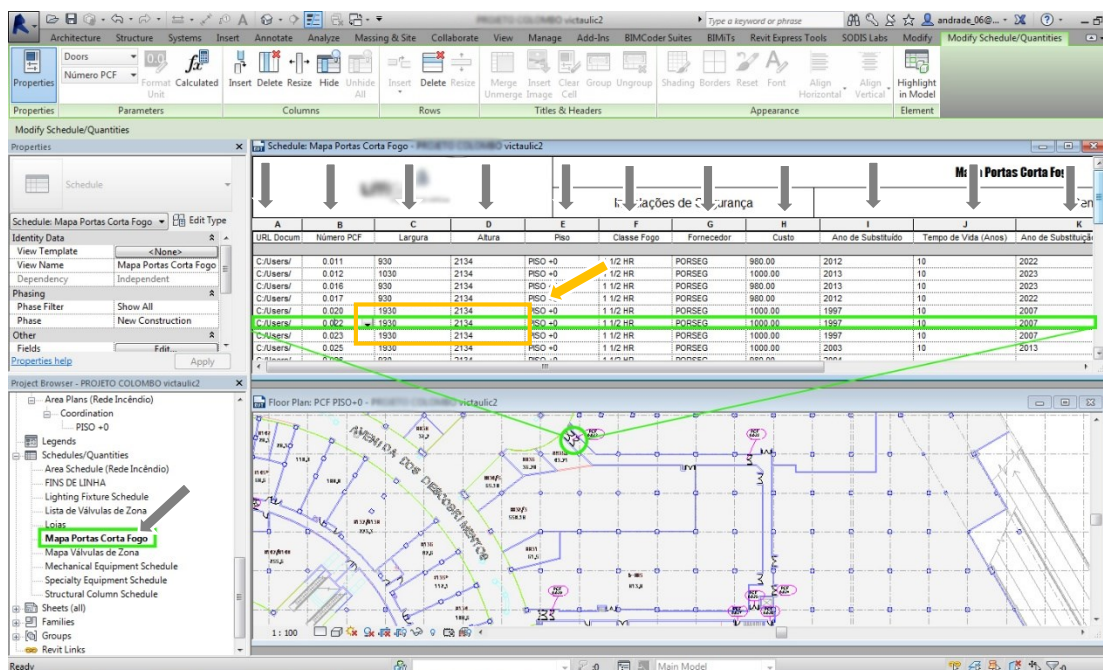


Figura 4.30 - Representação do teste n.º1 e n.º2 BIM

Em relação ao teste n.º3 os pontos fortes de BIM não foram evidentes obteve-se sensivelmente o mesmo tempo usando BIM ou o método tradicional. Isto deveu-se ao fato de que a informação requerida é facilmente identificável através da informação disponível nas telas existentes. Bastando consultar a planta geral do centro para que essa informação seja obtida. E sendo essas tarefas essencialmente iguais tanto em BIM como em CAD, não se denotam diferenças. No entanto a necessidade desta informação em BIM não estaria isolada, estando antes inserida numa tarefa mais complexa. No método tradicional, a área de uma zona, é retirada das plantas para possibilitar, por exemplo, o cálculo do sistema AVAC para que se garanta o índice de conforto estabelecido, no entanto, utilizando BIM essa tarefa transformar-se-ia num processo com pouca expressão dado que se iria aproveitar as capacidades de cálculo de BIM para se dimensionar o sistema AVAC, já que BIM reconhece automaticamente a área e o volume de uma zona delimitada, revelando-se nessa situação um crescente impacto na produtividade da gestão.

No teste n.º4 não se obtiveram dados relevantes, resultando mesmo num aumento de tempos utilizando BIM. Este aumento de tempo é resultante desta informação estar associada ao plano de segurança do edifício, e como tal, os gestores tinham a exata noção de onde estava essa informação, sendo extraída num tempo inferior ao uso de BIM. Ainda assim, a mesma condicionante do teste n.º2 é válida, pois esta tarefa ocorre mais frequentemente em associação com outras, como por exemplo, a situação simulada pelo teste n.º5 – criação de uma circular avisando as lojas que iram sofrer um corte de água devido a obras em curso. Neste teste, segundo o método tradicional (Figura 4.31) foi necessário identificar a zona da rede de incêndio através de telas em PDF, e depois as lojas

que nela estão inseridas, alternando sucessivamente, das plantas contendo a arquitetura e o número das lojas, para o Excel contendo o nome das lojas, até que todas estejam identificadas. A mesma tarefa usando em BIM é conseguida usando apenas um *software* excluindo o cliente de correio eletrónico (Figura 4.32), constatação de uma integração eficiente da informação do edifício.

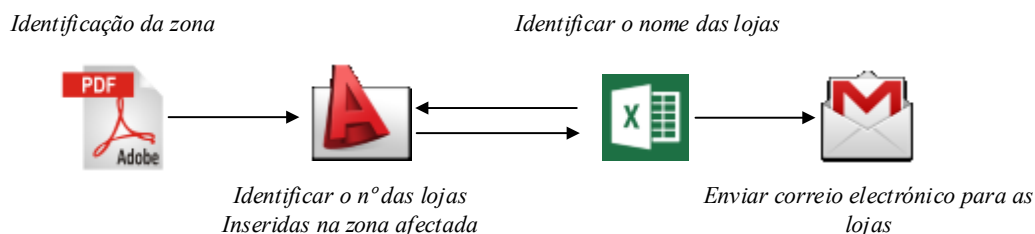


Figura 4.31 - Procedimento de produção de documentação teste n.º 5 MT

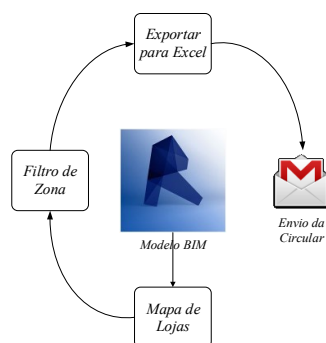


Figura 4.32 - Procedimento de produção de documentação teste n.º 5 BIM

Quanto ao teste n.º 6 obteve-se uma grande melhoria, isto porque, no método tradicional a informação relativa aos elementos encontra-se, como já verificado, dispersa por variados formatos, tornando a pesquisa da informação menos eficiente. No método tradicional primeiramente há que pesquisar nas plantas pela válvula correta, e posteriormente verificar a que tubagens está conectada identificando-se o diâmetro por associação da válvula com as tubagens (Figura 4.28). Em BIM, essa informação estava imediatamente disponível através do mapa de válvulas. Pelo simples facto de se modelar o edifício ou qualquer instalação do mesmo, está-se inerentemente a introduzir informação no modelo, por exemplo: para se colocar uma válvula numa rede, é necessário definir em primeiro lugar, o tipo de válvula e depois o seu diâmetro para que o *software* BIM permita a sua introdução, sendo natural a construção de um repositório de informação mais fiável e preciso.

No 7º e último teste o objetivo era testar os procedimentos da manutenção invertidos, ou seja, quando o operacional identifica uma anomalia e a comunica à gestão (Figura 4.3 e Figura 4.4). Nestes procedimentos, o operacional registra o número dos itens e comunica essa informação à gestão. A gestão quer saber onde se localizam os itens, e como tal, terá de procurar no repositório existente. Este teste foi realizado com as portas corta-fogo, utilizando as capacidades de BIM em correlacionar elementos do modelo com o espaço onde estão inseridos, ou seja, os elementos BIM estão “conscientes” do espaço envolvente, podendo essa informação ser mapeada. Na Figura 4.33 é visível a facilidade com que a localização é obtida.

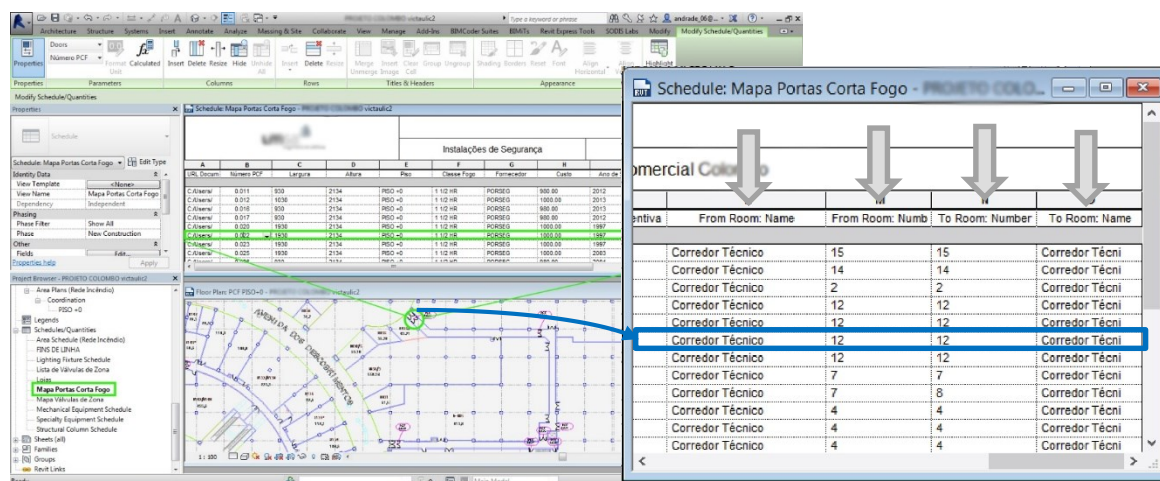


Figura 4.33 - Representação do teste n.º7 BIM

Embora este teste tenha sido realizado com as portas corta-fogo, o mesmo é válido para todos os itens numerados, como por exemplo os carretéis da rede de incêndio. Já que estes elementos em BIM também são “conscientes” sendo possível realizar um levantamento de quantos e quais elementos estão instalados num dado espaço. Esta funcionalidade permite a produção de documentação mais eficaz. Isto porque, se for necessário realizar levantamentos de equipamento, no método tradicional essa tarefa é realizada manualmente com a deslocação ao local, com BIM essa tarefa é realizada automaticamente.

4.4.3. Comunicando Alterações

Embora estes processos não tenham sido testados, o envio de OT cujo objetivo é comunicar alterações que devem ser realizadas aos equipamentos é também um campo onde BIM pode ter um papel importante nas operações, à semelhança do que acontece na indústria da construção. Isto porque quando o teor do trabalho se prende com esse objetivo ou numa situação em que a explicação da OT a executar seja de maior complexidade, é habitual a gestão deslocar-se aos locais para expor as alterações que irão ocorrer, orientando o trabalho. Com BIM essa necessidade é praticamente nula, à exceção das deslocações aos locais para fiscalizar os trabalhos. Na Figura 4.34 estão evidenciadas as potencialidades de BIM neste campo de atividades, as alterações ficam detalhadas, dado que o item é automaticamente identificado assim como o local onde será colocado, e a produção de documentação de apoio aos trabalhos é mais eficiente. Na Figura 4.34 foi aplicado um filtro para evidenciar as alterações, estando à disposição do operacional o planeamento completo da alteração, quer sejam plantas, cortes e mapa de quantidades (Figura 4.35). Não só a comunicação entre departamentos é melhorada como ainda resulta em aumento da produtividade da gestão em produzir documentação de alterações, como o modelo BIM é imediatamente atualizado. Estes procedimentos são válidos para todos os elementos e equipamentos, já que esses equipamentos e as suas características podem ser mapeados, resultando ainda na possibilidade de um estudo da viabilidade de soluções mais preciso e eficaz.

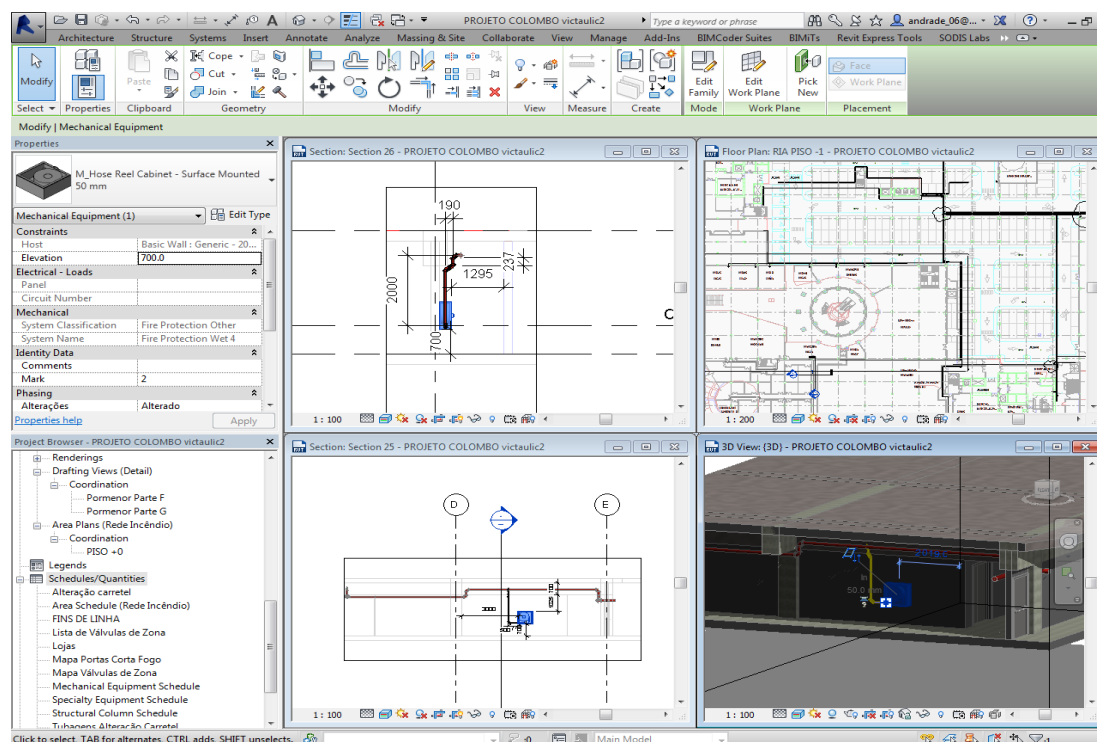
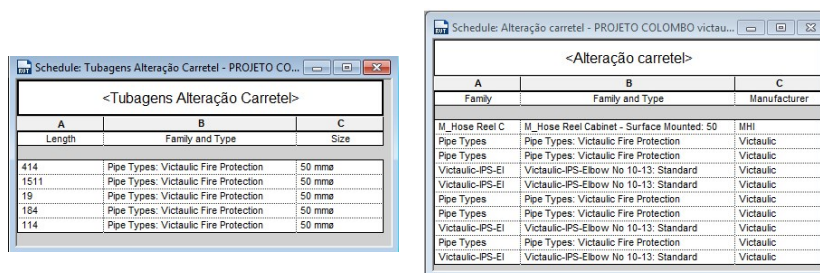


Figura 4.34 - OT para modificação/alteração de equipamentos

Embora o exemplo seja de uma pequena alteração ao edifício, o mesmo é válido para grandes alterações, como alterações na arquitetura provocada por expansões das lojas e mesmo nova construção por expansão do edifício como um todo. No entanto, o âmbito dessas alterações reside na indústria AEC, e nesse âmbito os benefícios de BIM tem sido largamente estudados e comprovados.



A	B	C
Length	Family and Type	Size
414	Pipe Types: Victaulic Fire Protection	50 mm
1511	Pipe Types: Victaulic Fire Protection	50 mm
19	Pipe Types: Victaulic Fire Protection	50 mm
184	Pipe Types: Victaulic Fire Protection	50 mm
114	Pipe Types: Victaulic Fire Protection	50 mm

A	B	C
Family	Family and Type	Manufacturer
M_Hose Reel C	M_Hose Reel Cabinet - Surface Mounted: 50	MHI
Pipe Types	Pipe Types: Victaulic Fire Protection	Victaulic
Pipe Types	Pipe Types: Victaulic Fire Protection	Victaulic
Victaulic-IPS-EI	Victaulic-IPS-Elbow No 10-13: Standard	Victaulic
Victaulic-IPS-EI	Victaulic-IPS-Elbow No 10-13: Standard	Victaulic
Pipe Types	Pipe Types: Victaulic Fire Protection	Victaulic
Pipe Types	Pipe Types: Victaulic Fire Protection	Victaulic
Victaulic-IPS-EI	Victaulic-IPS-Elbow No 10-13: Standard	Victaulic
Pipe Types	Pipe Types: Victaulic Fire Protection	Victaulic
Victaulic-IPS-EI	Victaulic-IPS-Elbow No 10-13: Standard	Victaulic

Figura 4.35 - Quantidades para novos trabalhos

4.4.4. Outras Oportunidades

Os criadores de *software* continuam a desenvolver produtos para tornar BIM cada vez mais acessível e portátil. Existem aplicações que neste momento já permitem a portabilidade de BIM para a frente de trabalho e não apenas fixo a um computador, melhorando a colaboração entre os utilizadores resultando assim numa partilha e transmissão de informação mais eficaz (Figura 4.36) Este facto resultaria indubitavelmente em redução de custos e aumento de produtividade, já que os operacionais têm à sua disposição fichas técnicas de equipamentos, protocolos de atuação e protocolos de emergência, reduzindo tempos de resposta e criando um fluxo trabalho mais eficaz.

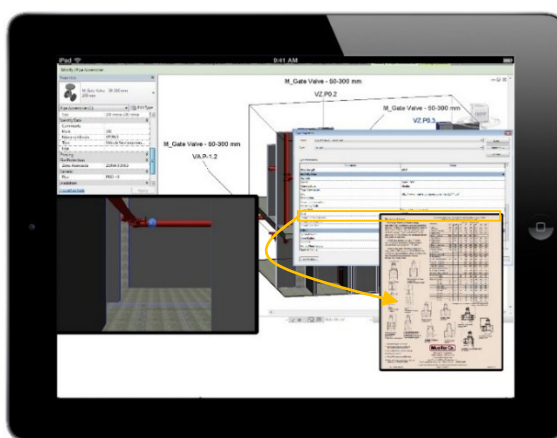


Figura 4.36 - Acesso portátil ao modelo BIM

4.4.5. Análise VSM

Nesta secção são construídos os estados: presente e futuro, dos processos organizacionais escolhidos (Figura 4.18) tendo por base os testes executados e descritos anteriormente na secção 4.4.1 e 4.4.2. Posteriormente é realizada uma comparação entre esses dois estados com o propósito de retirar conclusões dos resultados obtidos.

4.4.5.1 Estado Presente

O mapa VSM do estado presente é exposto de seguida na Figura 4.37. Na demonstração deste mapa estão também incluídas “lanes” à semelhança do mapa BPMN da Figura 4.3, Figura 4.4 e mais importante da Figura 4.18, para que a percepção do uso dos recursos, quer seja na área de gestão ou operação, seja mais intuitivo, conseguindo-se ainda deste modo, uma semelhança gráfica entre este mapeamento e aquele apresentado na Figura 4.18. Neste mapa estão incluídos os dois fluxos que foram observados durante o teste. No mapeamento geral (vd. Figura 4.3 e Figura 4.4) aquando da derivação dos fluxos devido a dúvidas que emergem existem 3 hipóteses de seguimento desse fluxo, essas são: Comunicação com encarregado geral; Comunicação com SGM e a não existência de dúvidas. Durante os testes foram detetadas as duas últimas situações, não conseguindo observar-se durante a primeira das situações, correspondendo à cadeia de atividades que engloba o operacional, o encarregado da manutenção e o SGM. Essa cadeia encontra-se representada com uma linha a tracejado de cor verde no mapeamento dos processos. Desse modo, no mapa VSM do estado presente estão representados esses dois fluxos. Os dados associados às atividades que se desencadeiam pela existência de dúvidas do operacional, nomeadamente as atividades: *A0060 - Consultar repositório de informação* e a atividade *A0150 - Aguardar pela explicação*, foram retirados dos testes realizados à gestão. Em relação à atividade A0060, quando existe uma dúvida durante a execução de uma OT, o operacional pede esclarecimento, levando a gestão a aceder à informação contida nas diversas aplicações e *software*, esses procedimentos foram estudados por via dos testes que foram realizados junto da gestão/administração, como por exemplo, pedir auxílio na localização de uma válvula, ou de uma tubagem. No entanto, enquanto é consultada a informação, o operacional tem de esperar até que seja encontrada a informação, desse modo é introduzida a atividade A0150, sendo a sua duração igual à da atividade A0060. A partir da introdução destas atividades é possível espelhar o agravamento quer nos custos, ou no tempo total, quando se despoletam dúvidas no seguimento dos trabalhos.

No que toca à influência destas atividades (A0150 e A0060) nas variáveis que regem a análise, apenas é contabilizado o tempo de uma delas para o cálculo de *MTTO* e *MLLT*, pois estas atividades ocorrem em simultâneo, é apenas para o cálculo do custo das atividades NVA que se somam os custos correspondentes às duas atividades, pois estão a ser alocados recursos de ambos os departamentos.

4.4.5.2 Estado Futuro

O mapeamento do estado futuro contém os mesmos parâmetros que o mapa do estado presente, acrescentando-se dois quadros que exibem de uma forma direta as comparações: tradicional 1 vs. BIM e tradicional 2 vs. BIM. No mapa do estado futuro (Figura 4.38) foi acrescentado dois quadros que permitem a comparação do estado presente com o estado futuro indicando a redução dos tempos e custos que BIM proporcionou. Por outro lado, é acrescentado nas atividades um parâmetro designado por "*diferencial*" indicando a redução de tempo que ocorre numa atividade específica. Além disso este mapeamento torna evidente que BIM permite eliminar as situações de dúvidas que surgem na fase de organização do trabalho, medida pelo valor da variável *MTTO*, no entanto estas conclusões serão exploradas em maior profundidade no capítulo seguinte. Por baixo da linha temporal dos mapas VSM, estão representadas em intervalos as variáveis que foram introduzidas para a condução da análise (vd. 3.1.4), nomeadamente *MTTI*, *MTTG*, *MTTP*, *MTTO* e *MTTV*.

Nos testes conduzidos aos operacionais, verifica-se que o tempo de deslocação até ao item, é sempre superior ao tempo de volta do operacional à oficina (*MTTV*). Esta constatação revela que existem erros durante a deslocação do operacional ao item, podendo escalar até à impossibilidade de localização e paragem dos trabalhos, desencadeando o pedido de esclarecimento. Desse modo, para que se consiga extrair o tempo de localização (*MTTP*), primeiramente determina-se que a deslocação perfeita do operacional ocorre se o tempo de deslocação até ao equipamento, igualar o tempo de regresso à oficina, sendo que o restante tempo é o tempo de localização (*MTTP*), assim:

$$MTTP = MTTG - MTTV \quad \text{Equação (11)}$$

Em que,

MTTP – *Mean Time to Spot* (Tempo médio de identificação do item no local)

MTTG – *Mean Time to Go* (Tempo médio de deslocação do operacional até ao item que requer manutenção.

MTTV – *Mean Time to Availability* (Tempo médio em que o operacional fica disponível para realizar outra OT).

4.4.6. Análise Económica – Custo/Benefício

Nesta secção será realizada uma análise custo benefício (ACB) com vista a determinar os parâmetros económicos que irão determinar a consistência do investimento em BIM. É importante que se determine o investimento inicial assim como o período de retorno e também os custos de operação. Os custos e benefícios (vd. 3.1.6) serão aqui enumerados e o seu valor estipulado. Para os cálculos que se seguem, atribui-se um custo de 12€/h.H.

4.4.6.1 Identificação dos Custos

De seguida indicam-se os custos relativos à implementação de BIM, tanto relativos a *hardware* como também à modelação BIM propriamente dita.

Quadro 4.8 - Identificação dos custos de investimento e manutenção

<i>Item</i>	<i>Custos</i>	<i>Custos Contínuos p/Ano</i>
<i>Educação e Treino ao Software</i>	21 600 €	-
<i>Custos de Hardware</i>	4 500 €	-
<i>Modelação BIM</i>	144 000 €	338 €
<i>Licença Software Revit</i>	3 552 €	385 €
<i>Total</i>	173 652,00 €	723 €

4.4.6.2 Identificação dos Benefícios

Nesta secção são apresentados os benefícios económicos decorrentes da integração de BIM em FM.

Quadro 4.9 - Identificação dos benefícios tangíveis anuais

<i>Benefícios Tangíveis</i>	<i>Valor/ano</i>	<i>Valor Extraordinário/ano</i>
<i>Redução de custos de mão-de-obra (Operacionais)</i>	64 800 €	-
<i>Redução de custos de mão-de-obra (Gestão)</i>	3 335 €	-
<i>Eliminação do serviço de Gestão de Arquivos</i>	490 €	-
<i>Total</i>	68 625 €	-

Quadro 4.10 - Identificação dos benefícios intangíveis anuais

<i>Benefícios Intangíveis</i>	<i>Valor/ano</i>	<i>Valor Extraordinário/ano</i>
<i>Redução dos custos de apoio da gestão às operações</i>	<i>1875 €</i>	-
<i>Redução de Erros de Operação</i>	<i>18 000 €</i>	-
<i>Redução no custo de pesquisa manual de informação</i>	<i>625 €</i>	-
<i>Fadiga e motivação dos operacionais</i>	<i>N/D</i>	-
<i>Total</i>	<i>20 500 €</i>	-

<i>Total Benefícios</i>	<i>89125 €</i>
-------------------------	----------------

4.4.6.3 Pressupostos e Justificações (Custos)

Consultando empresas no mercado, foi definido um preço médio de educação e treino dos trabalhadores de 150,00 € por cada módulo de aprendizagem, sendo o total de módulos 4. Para que a implementação de BIM se faça de forma sustentada, será necessário providenciar formação não só aos operacionais, mas também aos gestores. Posto isto, o total de trabalhadores a receber formação totaliza 36 pessoas: 33 Operacionais e 3 Gestores, resultando o valor de 21 600 € em custos de formação. Não se prevê mais investimento em formação contínua, já que com a aprendizagem dos 4 módulos, qualquer alteração ao *software* será facilmente assimilada pelos trabalhadores.

Os custos de *hardware* baseiam-se nos requisitos do software BIM estipulados pela *Autodesk®*. Consultando o mercado de venda de equipamentos eletrónicos, determinou-se um preço médio de 1 500 € por estação de trabalho. Será imprescindível 1 computador para o SGM e 2 computadores para a oficina de manutenção, sendo que os restantes trabalhadores podem aceder e utilizar a informação do edifício com os computadores existentes, pois a consulta por parte destes não é tão urgente, e por isso não necessitam de um elevado poder de processamento. Posto isto, é determinado um valor de 4 500 € para o *hardware*.

Para a modelação BIM em LOD 500 do edifício, o preço de mercado é estipulado pela área do edifício, sendo que esse preço ronda os 1,20 €/m² (Urban360, 2014), resultando num valor de 144 000 €, os custos continuados associados ao modelo BIM são provenientes de alterações ao edifício ou substituição de equipamentos que têm de ser refletidos no modelo para que este esteja sempre atualizado. Assim, com base num preço de mão-de-obra de um modelador BIM de 28.15 €/h, estimando 12 alterações ao modelo por ano com a duração de 1 hora, resulta, num valor de 337.8 €/ano.

A licença do *software* será adquirida à empresa que o produz. O modelo de aquisição e uso praticado por essa empresa estipula a compra inicial do produto com um custo inicial de 3 552,00 €, e posteriormente um serviço de subscrição anual de 385 €/ano¹.

¹ Valores à data de 04/03/2014

4.4.6.4 Pressupostos e Justificações (Benefícios)

De seguida são explicados os valores apresentados no Quadro 4.9 e no Quadro 4.10 referentes aos benefícios económicos provenientes da integração de BIM nas operações de FM

Benefícios Tangíveis

De seguida apresentar-se-ão as justificações referentes aos benefícios económicos de BIM para FM.

- O benefício monetário determinado para a redução de custos de mão-de-obra dos operacionais provém da análise dos mapas VSM apresentado em 4.4.5. De acordo com esses mapas é possível observar que a duração de uma OT é de aproximadamente 1 hora, utilizando esse valor e realizando uma média entre os dois fluxos possíveis do mapa do estado presente, determina-se que em cada hora são gastos cerca de *9 min*. Cada operacional está disponível, de acordo com o seu contrato de trabalho, 8 horas por dia, totalizando *76 min/dia.H* em atividades NVA. É possível considerar que estes benefícios podem ser aplicados a todos os operacionais que têm horário definido de 8 horas/dia excluindo-se aqueles que apenas estão presentes para substituição de trabalhadores ausentes durante o fim-de-semana ou devido a férias de trabalhadores ausentes durante o fim-de-semana ou por férias. Por esta razão, havendo 33 trabalhadores distribuídos pelas equipas (vd. Figura 4.2) apenas são considerados 25. O que totaliza um valor anual para as atividades NVA segundo o método tradicional resultando em *129 600 €*.

Realizando o mesmo procedimento agora para os valores demonstrados no mapa do estado futuro, temos um gasto de *64 800 €*. Este valor resulta do facto de que com BIM, são gastos *4.5 min* por cada hora o que equivale a *36 min/dia.H*. Relacionado os custos entre o estado presente e o futuro determina-se uma poupança de *64 800 €* em mão-de-obra dos operacionais.

- Em relação à redução dos custos de mão-de-obra da gestão considera-se um valor conservador de *1h* por dia de acesso à informação específica do edifício, o que resulta em *0,5h* por cada colaborador da gestão da manutenção. Consideram-se 22 dias de trabalho por mês. Tendo em conta um aumento de eficiência de 88% nestas atividades, calculado com base nos resultados apresentados no Quadro 4.7. Estes pressupostos determinam um benefício anual de *3 345 €* no acesso à informação por parte da gestão.
- O custo atual da gestão de arquivos, e com base em empresas a operar nesse mercado que indicam um custo médio de *0,50€/metro/mês*, tendo em conta o espaço ocupado pelos documentos existentes, determina-se uma redução anual de custos de *490€*.

Benefícios Intangíveis

A atribuição de um valor monetário a estes benefícios teve por base a associação de uma probabilidade de ocorrência e duração de um determinado evento, sendo que essa probabilidade resultou da experiência dos gestores do edifício, que o gerem há vários anos.

- O apoio da gestão às operações é avaliado segundo a existência da deslocação dos gestores pelo edifício com vista à resolução de conflitos e dúvidas associadas a trabalhos de manutenção. Estima-se que existam 52 situações por ano que encaixam nessa descrição com a duração 1h, assim resultam 1 875 € em redução de custos neste parâmetro. Este resultado encontra-se subavaliado
- Para os erros de operação que resultam em enganos por parte dos operacionais em identificar corretamente o item num ambiente complexo, é estimado que existiam 52 situações desse género por ano, que a acontecerem, resultam em custos para o edifício devido a danos provocados por tais falhas. Desse modo, relacionando as 52 situações com o número total de OT praticadas num ano e com o custo total da manutenção (*Custo de mão-de-obra + Custo de materiais e serviços adquiridos*), resulta num valor estimado de 18 000 € por ano. Se acontecer uma situação de abertura da válvula errada, corre-se o risco de inundação de uma loja, o que, a acontecer, terá um custo que ultrapassará certamente o valor de 18 000 €, e como este valor está associado aos benefícios, é seguro admitir que se está a subavaliar.

$$\text{Redução de Custo} = \frac{52}{\text{Total OT}} \times \text{Custo Total Manutenção} \quad \text{Equação (12)}$$

- Em relação aos custos que advêm da pesquisa de plantas ou documentos em formato tradicional (telas em papel) têm-se uma alocação de 1h por semana o que representa, um custo de 52h/ano equivalente a 624 €/ano.
- Não é possível atribuir um valor monetário para fadiga e a motivação dos operacionais. Este parâmetro está relacionado com a produtividade e com um fluxo de processos de operação e gestão eficaz.

4.4.6.5 Análise dos Benefícios

Para que seja determinado o PRIA da implementação de BIM, recorreu-se ao método *cash flow* estimando uma taxa de atualização de 6% ao ano. Esta análise é feita com a duração de 3 anos e é apresentada no Quadro 4.11 e o resumo no Quadro 4.12.

Quadro 4.11 – Análise económica

		<i>Investimento Inicial (C₀)</i>		173 652,00 €	
		<i>Taxa de desconto trimestral (i)</i>		1,5%	
		<i>Redução de custos p/ trimestre</i>		22 281,25 €	
		<i>Custos Fixos por Trimestre</i>		180,75 €	
<i>Trimestre</i> <i>(n)</i>	<i>Redução de Custos</i> <i>(Receita – Despesa)</i>	<i>Valor Atualizado</i> <i>(VA)</i>	<i>Acumulado</i> <i>(VA)</i>	<i>Valor Atualizado Líquido</i> <i>(VAL)</i>	
1	22,100.50 €	21,773.89 €	21,773.89 €	-151,878.11 €	
2	22,100.50 €	21,452.11 €	43,226.00 €	-130,426.00 €	
3	22,100.50 €	21,135.08 €	64,361.09 €	-109,290.91 €	
4	22,100.50 €	20,822.74 €	85,183.83 €	-88,468.17 €	
5	22,100.50 €	20,515.02 €	105,698.85 €	-67,953.15 €	
6	22,100.50 €	20,211.84 €	125,910.68 €	-47,741.32 €	
7	22,100.50 €	19,913.14 €	145,823.83 €	-27,828.17 €	
8	22,100.50 €	19,618.86 €	165,442.69 €	-8,209.31 €	
9	22,100.50 €	19,328.93 €	184,771.61 €	11,119.61 €	
10	22,100.50 €	19,043.28 €	203,814.89 €	30,162.89 €	
11	22,100.50 €	18,761.85 €	222,576.74 €	48,924.74 €	
12	22,100.50 €	18,484.58 €	241,061.32 €	67,409.32 €	

Quadro 4.12 – Resumo da análise económica

<i>PRIA</i>	26 Meses
<i>ROI_{3anos}</i>	38,8%
<i>ROI_{1º ano}</i>	-50,9%
<i>VAL</i>	67 409,32 €
<i>TIR (anualizado)</i>	32 %

O período de retorno do investimento é de 26 meses, representado graficamente na Figura 4.39. O retorno sobre o investimento do primeiro é negativo sendo que se recupera sensivelmente 50 % do investimento, no segundo ano recupera-se 96% do investimento e no terceiro e final ano, o retorno sobre o investimento atinge os 41,7%

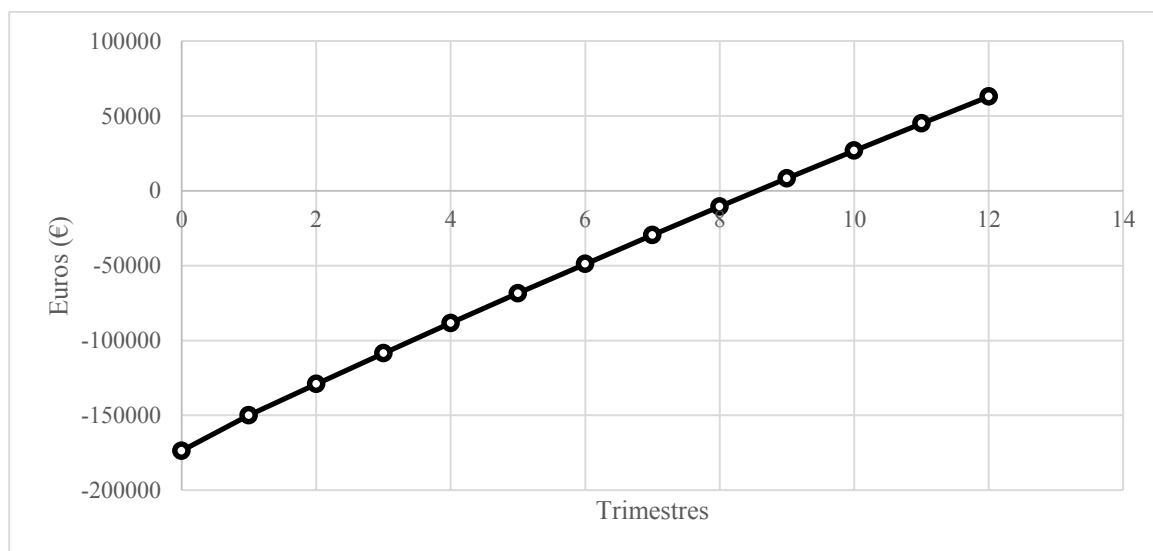


Figura 4.39 - Recuperação do capital de investimento

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Neste capítulo será realizada a discussão dos resultados obtidos, por via da comparação entre o estado presente e o estado futuro, apresentando-se os resultados derivados das experiências realizadas provenientes da aplicação da estratégia de pesquisa, e posteriormente, do método de investigação. Não só, serão apontados e discutidos os benefícios detetados, mas também as dificuldades que se impõem na aplicação e integração de BIM em empresas de FM.

5.1. BIM ao nível Operacional

Os resultados obtidos revelam que a integração de BIM ao nível operacional é um importante elemento de apoio aos trabalhos.

5.1.1. Comparação das OT

No que diz respeito às OT que serviram de base para a obtenção dos resultados apresentados no Quadro 4.4 e no Quadro 4.5, atendendo às médias resultantes, verifica-se que a implementação de BIM traz vantagens logo à partida, desde uma redução nos tempos de interpretação de uma OT (*MTTI*), na deslocação do operacional ao item (*MTTG*), na localização do item no campo (*MTTP*) e conseqüentemente do tempo total de uma OT (*MMLT*). Consegue-se ainda verificar que a redução do valor destas variáveis é maior em algumas OT do que em outras.

5.1.1.1 Comparação *MTTI*

Quadro 5.1 – Comparação MT vs. BIM - *MTTI* (s)

	1	2	3	4	5	6	7
	<i>Carretel 412 Zona 4 CT13</i>	<i>Porta-Corta Fogo 0.010 CT 1</i>	<i>Substituição Válvula de Zona P-1.10</i>	<i>Corte de Válvula de Zona P0.7</i>	<i>Fim-de-Li- nha 0.21 (Corredor T. 4)</i>	<i>Tubagem da RIA CT 2</i>	<i>Sinalética de emergência (Rua das Índias)</i>
<i>MT</i>	35	57	65	52	57	150	52
<i>BIM</i>	32	56	36	41	46	65	59
Δ	3	1	29	11	11	85	- 7
	↓ 7%	↓ 2%	↓ 44%	↓ 21%	↓ 20%	↓ 57%	↑ -13%

MT – Método Tradicional

A média aparada pertence à família de métricas do Teorema do Limite Central. Foi usada em todos os testes executados, pelas suas propriedades robustas à existência de extremos, sendo menos suscetível que a média por eliminar do seu cálculo uma percentagem dos extremos de uma amostra. Do seu cálculo resulta um valor situado entre a média e a mediana, e em conjunto com a média, permite inferir sobre a existência da variação dos processos.

Quadro 5.2 - médias de *MTTI* (s)

	<i>BIM</i>	<i>MT</i>	%
<i>Médias</i>	48	67	↓ 28
<i>Média Aparada</i>	48	64	↓ 25

Em relação à variável que traduz o tempo médio da identificação do trabalho a realizar, pela interpretação da OT (*MTTI*), verifica-se uma redução da duração desta atividade. No entanto existem OT que beneficiam largamente com o uso de BIM e outras em que a duração não decresce significativamente (Quadro 5.1). De qualquer forma é evidente uma redução global. A variação e a pequena redução de tempos registada, não é indicativo de que BIM não traz benefícios palpáveis nesta tarefa, é antes o resultado da tendência geral demonstrada pelos operacionais no método tradicional em precipitarem-se para a execução da OT, evitando em várias vezes consultar mais informação e preferindo apenas a indicação geral de pontos de referência indicados na OT e na procura dos itens pelas placas identificadoras posteriormente no local, o que resultou na criação de desperdício. Sendo *MTTI* apenas registado desde a receção da OT até ao momento da deslocação do operacional, leva a que as diferenças não sejam evidentes, ocultando-se o potencial da qualidade da informação transmitida por BIM. Este comportamento está relacionado com a dificuldade de interpretação de documentação tradicional, como é o caso das telas 2D. Com a utilização de BIM, esta tarefa é realizada num ambiente informático estimulante à concentração e ao trabalho, e acima de tudo, permite que seja transmitida informação implícita e explícita que, como concluído, leva a tempos de resposta inferiores eliminando a localização dos itens por tentativa e erro. Embora em algumas OT os tempos desta tarefa (*MTTI*) utilizando BIM tenham sido idênticos ou mesmo superiores, na prossecução dos trabalhos esse tempo foi compensado, levando a uma drástica redução do tempo de localização do item no edifício (*MTTP*) e no tempo de organização (*MTTO*). A qualidade da informação permite aos operacionais mitigar dúvidas em relação à OT antes mesmo de se deslocarem para o terreno, nomeadamente condições de acesso e condicionantes arquitetónicas, eliminando os custos que advém da demanda de recursos à gestão para esclarecimentos. Noutras situações, embora BIM “mostre” a mesma informação em alguns casos, fá-lo de forma automática, o que é suficiente para eliminar a consulta manual de informação e com isso, torna possível a redução dos tempos das tarefas. Ainda que se tenha obtido uma redução de tempos da variável

MTTI o autor sublinha que o ponto forte de BIM não é rapidez de acesso à informação que se torna possível pelo uso da ferramenta e metodologia, mas mais ainda, a qualidade de informação que BIM detém, quer seja explícita ou implícita. A Figura 5.1 expõe graficamente os resultados obtidos.

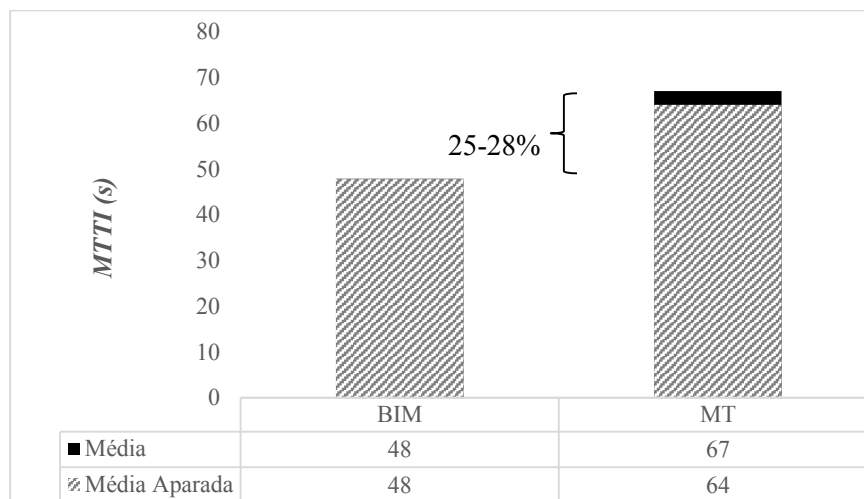


Figura 5.1 - Resumo dos resultados *MTTI* (s) por cada OT

5.1.1.2 Comparação do *MTTP*

Esta secção foca a variável *MTTP* representando o tempo de identificação do item propriamente dito, no edifício. Ao invés de se comparar para os dois métodos as variáveis *MTTG* e *MTTA*, proceder-se-á à comparação apenas para a variável *MTTP*, por se relacionar diretamente com as duas variáveis referidas (vd. Equação (11)), e porque da sua análise tornam-se mais evidentes os benefícios que BIM proporcionou nas operações.

Quadro 5.3 - Comparação MT vs. BIM *MTTP*(s)

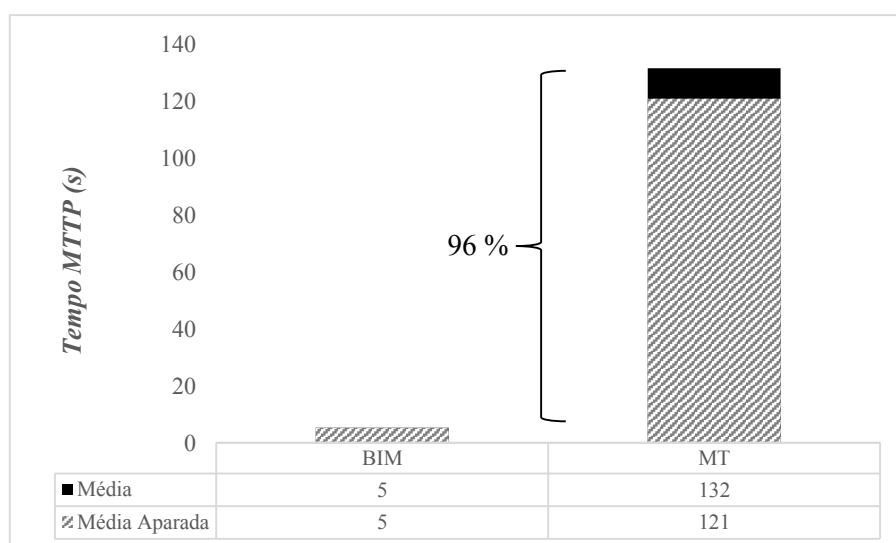
	1	2	3	4	5	6	7
	<i>Carretel 412 Zona 4 CT13</i>	<i>Porta-Corta Fogo 0.010 CT 1</i>	<i>Substituição Válvula de Zona P-1.10</i>	<i>Corte de Válvula de Zona P0.7</i>	<i>Fim-de-Li- nha 0.21 (Corredor T. 4)</i>	<i>Tubagem da RIA CT 2</i>	<i>Sinalética de emergência (Rua das Índias)</i>
<i>MT</i>	20	5	451	379	4	47	15
<i>BIM</i>	12	8	1	0	3	6	7
Δ	8	- 3	450	379	1	41	8
	↓ 41 %	↑ 63 %	↓ 100%	↓ 100%	↓ 32%	↓ 87%	↓ 52%

MT – Método Tradicional

Quadro 5.4 - médias de *MTTP*(s)

	<i>BIM</i>	<i>MT</i>	%
<i>Médias</i>	5	132	↓ 96
<i>Média Aparada</i>	5	121	↓ 96

Foi nesta variável que BIM conduziu a elevados benefícios. À semelhança com a variável *MTTI* houve melhorias significativas em várias OT mas pouca melhoria em outras OT. O sucesso nesta tarefa está francamente relacionado com a qualidade da informação transmitida por BIM, relatada anteriormente. Embora o impacto de BIM não tenha sido evidente na tarefa de interpretação da OT (*MTTI*), é nesta variável que a qualidade da informação que BIM detém ganha importância, sendo que é ao longo dos trabalhos, que o impacto dessa qualidade emerge, diminuindo de forma radical o tempo de localizar os itens ou equipamentos. Com BIM elimina-se o garrote ou “*bottleneck*” nas operações de manutenção no que toca ao seu funcionamento normal, pois, como ficou patente nos resultados obtidos a localização do item/equipamento é essencial, particularmente nas OT n.º3 e n.º4, pois se o tempo de localização tomar valores excessivos podem resultar atrasos ou mesmo custos avultados. Senão vejamos: analisando um cenário de rebentamento de um *sprinkler* no interior de uma loja por causas fortuitas, o procedimento passará sempre pelo fecho da válvula de zona ou de loja onde está inserido esse componente. Quanto mais tempo demorar a resposta a este acidente, mais amplificados serão os custos, não só do próprio abastecimento de água à rede de incêndio, como também dos danos provocados por essa causa fortuita. Como BIM permite uma atuação mais rápida os custos serão francamente minorados. Na Figura 5.2 é apresentado por via de um gráfico o percentual de redução de tempo de *MTTP* resultante da integração de BIM.

Figura 5.2 - Resumo de *MTTP* MT vs. BIM

5.2. BIM ao Nível da Gestão/Administração

BIM aplicado ao nível da gestão resulta igualmente, em melhorias organizacionais. Nos testes que foram realizados, denota-se um aumento da produtividade que está relacionada com a eficácia com que a informação é extraída do modelo BIM.

5.2.1. Análise dos Testes

Quadro 5.5 - Resumo dos testes de acesso à informação (s)

	1	2	3	4	5	6	7
<i>MT</i>	322	262	24	61	1169	109	61
<i>BIM</i>	16	18	23	65	12	73	20
Δ	306	245	1	-4	1157	36	41
	↓ 95 %	↓ 93 %	↓ 2 %	↑ -6 %	↓ 99 %	↓ 33 %	↓ 67 %

Quadro 5.6 - Médias do acesso à informação (s)

	<i>BIM</i>	<i>MT</i>	%
<i>Médias</i>	32	287	↓ 89
<i>Média Aparada</i>	30	253	↓ 88

Dos dados apresentados no Quadro 4.7 e o resumo no Quadro 5.6 conclui-se que a realização de tarefas de pesquisa e acesso à informação do edifício é sobejamente melhorada. À semelhança dos resultados obtidos nos testes aos operacionais, BIM permitiu uma redução muito significativa em determinados testes. Pela descrição realizada em 4.4.2.2, conclui-se que as tarefas mais complexas, onde é necessário a pesquisa de informação em vários formatos ou aplicações para atingir um objetivo, são as que mais beneficiam com o uso de BIM. Embora os testes tenham sido conduzidos de forma independente é possível inferir que ao interligarmos várias tarefas, como é o caso da associação do teste n.º 1 com o teste n.º 2 e dos testes n.º 4 e n.º 5, as capacidades de BIM são ainda mais notórias.

Como descrito em 3.2.2 e 4.4.1.1 foram realizadas perguntas com o objetivo de simular as pesquisas e o acesso à informação do edifício por parte da gestão, quer seja para o envio de OT ou para planear intervenções. Na Figura 5.3 são apresentados por via de um gráfico, os resultados obtidos aquando da integração de BIM nos processos de gestão, revelando um aumento de produtividade nas suas tarefas de 88%.

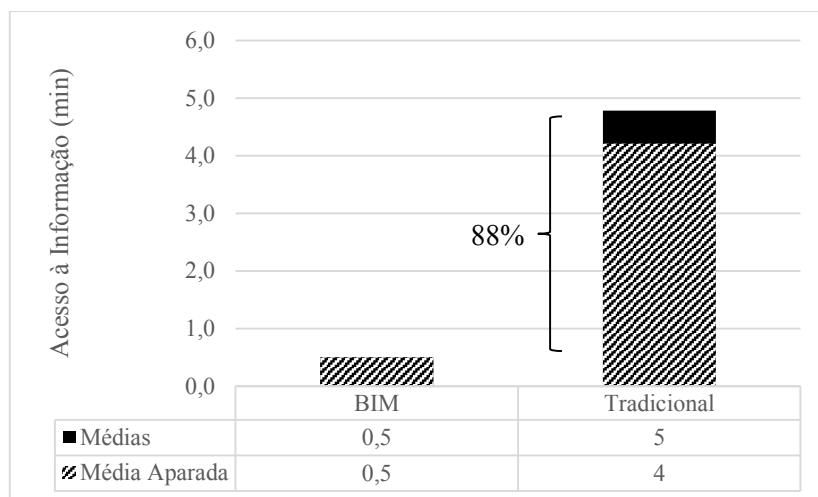


Figura 5.3 - Resumo acesso à informação MT vs. BIM

Um aspeto importante a considerar, que explica os resultados distintos entre BIM e o método tradicional, foi a natureza dos processos que foram usados nestas tarefas. No mapeamento BPMN (vd. 4.2) estão as ferramentas que servem para aceder e gerir a informação relativa ao edifício e seus equipamentos, nomeadamente: *AutoCAD*; *Correio Eletrónico*; *Word*; *Excel*; *CAFM* e *Documentos e telas em papel*. O uso destes variados documentos e formatos para gerir a informação do edifício permanece o *status-quo* e está instituída como “o método” de trabalho em FM, isto porque no setor AEC o processo de entrega da documentação é ainda realizado segundo uma quantidade considerável de documentos diferentes (Eastman *et al.*, 2011). Ao permanecerem esses documentos em formato de papel ou associados a diversas aplicações informáticas obriga a indústria de FM a adaptar-se às práticas da indústria da construção. A entrega de documentação tradicional, diversificada e com elevado risco de conflitos entre os documentos envolvidos, é então utilizada ao longo do ciclo de vida do edifício. BIM permite uma integração da informação levando a que o acesso à informação se faça com maior facilidade e rapidez, pela redução do número de aplicações necessárias para atingir o mesmo objetivo.

5.3. Estado Presente vs. Estado Futuro

A construção dos mapas VSM do estado presente e do estado futuro foram construídos através da interligação entre, os dados obtidos no teste às operações dos trabalhadores da manutenção (vd. Quadro 4.4 e Quadro 4.5) e dos testes realizados à gestão/administração (vd. Quadro 4.7), para que fosse possível simular os processos de pedido de esclarecimento dos operacionais ao SGM, e perceber o impacto que esses processos detêm na organização.

De acordo com os mapas VSM para do estado presente e estado futuro apresentados em 4.4.5.1 e 4.4.5.2, é visível uma derivação de processos no primeiro. No entanto, durante a duração

do teste, não foi possível obter dados que permitissem a definição de uma probabilidade de ocorrência desses processos separados pela derivação. Ainda que não se consiga a determinação dessa probabilidade, consegue-se no entanto, perceber o impacto que a demanda de recursos da gestão tem, que por sinal é eliminada por BIM. De seguida são apresentados os quadros resumo dos dados obtidos pelos mapas VSM (Quadro 5.7 e 5.8).

Quadro 5.7 - Resumo dos resultados BIM vs. Tradicional 1

<i>BIM</i>	<i>BIM vs Tradicional 1</i>					<i>Tradicional</i>	
<i>MTTO</i>	2,5	<i>Min</i>	↓	50%	<i>MTTO</i>	5	<i>Min</i>
<i>MMLT</i>	55	<i>Min</i>	↓	4%	<i>MMLT</i>	57	<i>Min</i>
<i>MTTP</i>	5	<i>Seg</i>	↓	96%	<i>MTTP</i>	121	<i>Seg</i>
<i>MTTG</i>	112	<i>Seg</i>	↓	52%	<i>MTTG</i>	240-230	<i>Seg</i>
<i>NVA</i>	4.5	<i>Min</i>	↓	35%	<i>NVA</i>	7	<i>Min</i>
<i>Custo NVA</i>	0.90	€	↓	35%	<i>Custo NVA</i>	1.40	€

Quadro 5.8 - Resumo dos resultados BIM vs. Tradicional 2

<i>BIM</i>	<i>BIM vs Tradicional 2</i>					<i>Tradicional</i>	
<i>MTTO</i>	2,5	<i>Min</i>	↓	75%	<i>MTTO</i>	10	<i>Min</i>
<i>MMLT</i>	55	<i>Min</i>	↓	11%	<i>MMLT</i>	62	<i>Min</i>
<i>MTTP</i>	5	<i>Seg</i>	↓	96%	<i>MTTP</i>	121	<i>Seg</i>
<i>MTTG</i>	112	<i>Seg</i>	↓	52%	<i>MTTG</i>	240-230	<i>Seg</i>
<i>NVA</i>	4.5	<i>Min</i>	↓	63%	<i>NVA</i>	12	<i>Min</i>
<i>Custo NVA</i>	0.90	€	↓	72%	<i>Custo NVA</i>	3.25	€

5.3.1. Análise MTTO

No tempo de organização correspondente a *MTTO*, observa-se que o uso de BIM permite um decréscimo do tempo necessário para que se dê início às operações de manutenção. O tempo *MTTO* é determinado através da Equação (2), e na medição desse tempo estão marginalizados os problemas de organização da oficina no que diz respeito à procura de ferramentas necessárias ao trabalho. Desse modo a comparação entre BIM e o método tradicional permanece clara. A redução permitida por BIM está contida num intervalo de 50% a 75%. Os extremos desse intervalo são obtidos aquando da derivação do fluxo de tarefas existente no mapa do estado presente. Se o fluxo de tarefas seguir o caminho 1 (ausência de dúvidas) obtém-se uma diminuição de 50% neste conjunto de tarefas, se esse fluxo seguir o caminho 2 (existência de dúvidas) obtemos uma redução de 75%.

No método tradicional, a variável *MTTO* é, em grande parte, influenciada pela variável *MTTP*, tanto no fluxo 1 e no fluxo 2 dos processos (Figura 5.4). No fluxo 1 a identificação do item corresponde a 43% do tempo total de *MTTO* enquanto no fluxo 2 essa influência ascende para 68%, confirmando-se a importância da localização precisa dos itens/equipamentos para o normal desenvolvimento das operações de manutenção. Esta análise permite concluir que a identificação de equipamentos é de facto um “*bottleneck*” nas operações de manutenção.

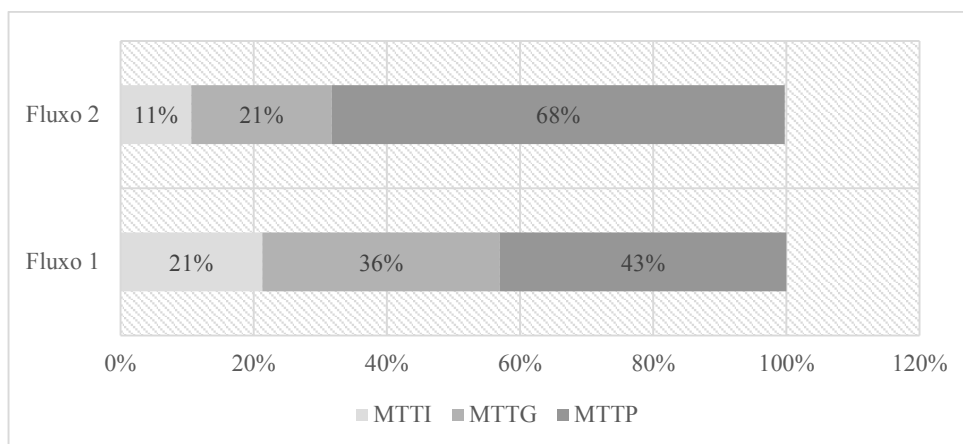


Figura 5.4 - Estratificação de *MTTO* Método Tradicional

Com a utilização de BIM confirma-se a eliminação do “*bottleneck*” que a localização dos itens representa. Com BIM o *MTTP* deixa de ter influência nas operações, passando esse papel para a deslocação do operacional (*MTTG*). A deslocação do operacional até ao equipamento é uma atividade que não acrescenta valor, mas no entanto é necessária (NNVA). Ao transferirmos a grande influência de *MTTP* nas operações, para *MTTG*, estamos de facto a reduzir a quantidade de desperdício, materializando operações mais eficientes, conclusão que é retirada do Quadro 5.7 e Quadro 5.8, pela redução evidente da percentagem de atividades NVA.

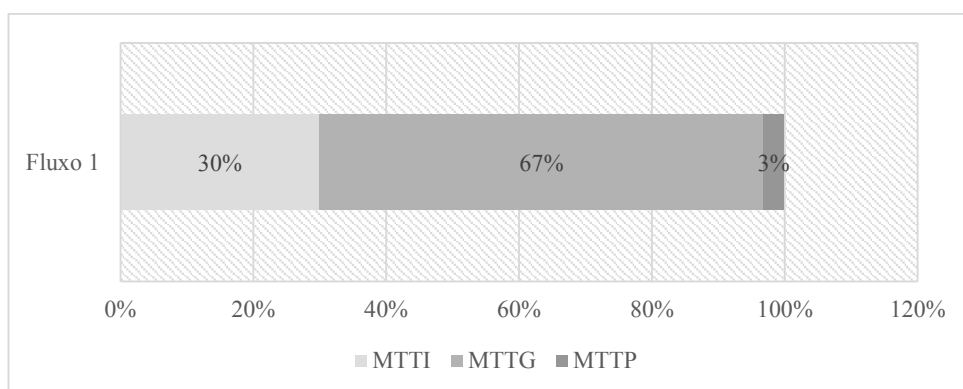


Figura 5.5 - Estratificação *MTTO* - BIM

Pela Figura 5.5 consegue-se perceber que a interpretação da OT usando BIM detém agora mais peso. Esta constatação está em linha com as conclusões expressadas 5.1.1.1 que indicam que apesar de se observar uma melhoria nos tempos de interpretação da OT, não é esse o facto que diferencia o BIM. É antes a qualidade da informação transmitida, que ao longo da cadeia de processos se vai sobressaindo, potenciando tempos de resposta e atuação consideravelmente mais rápidos, o que leva à redução significativa de *MTTP* e consequentemente, do *MTTO*. Como por esses mesmos resultados a redução de *MTTI* não é expressiva comparativamente à redução de *MTTO*, origina um aumento de peso desta variável no tempo *MTTO* quando se decompõe o tempo de organização do estado futuro.

5.3.2. Atividades NVA

No seguimento da análise e pelas conclusões das secções anteriores, as atividades que não acrescentam valor tiveram uma redução considerável. Os mapas VSM comprovam o efeito que BIM tem na redução do impacto deste tipo de atividades. No que toca ao fluxo de tarefas 1 do mapa do estado presente, as NVA representam 11% do correspondente *lead time* de uma OT, essa percentagem reporta um valor de 6,5 min em cada 57 min. Em relação ao fluxo de tarefas 2 existe uma percentagem bastante superior de 19% que se atribui a 12 min em cada 62 min. Com BIM a percentagem NVA decresce para apenas 8% do associado *lead time*, que corresponde a 4.5 min em cada 55 min. Estes resultados levam também à constatação que o tempo total de uma OT (*MMLT*) também diminui. A Figura 5.6 resume os resultados obtidos indicando ainda o impacto que tem o pedido de esclarecimento ao SGM nas operações, que se materializa num aumento de 48% de atividades NVA face ao fluxo de tarefas 1.

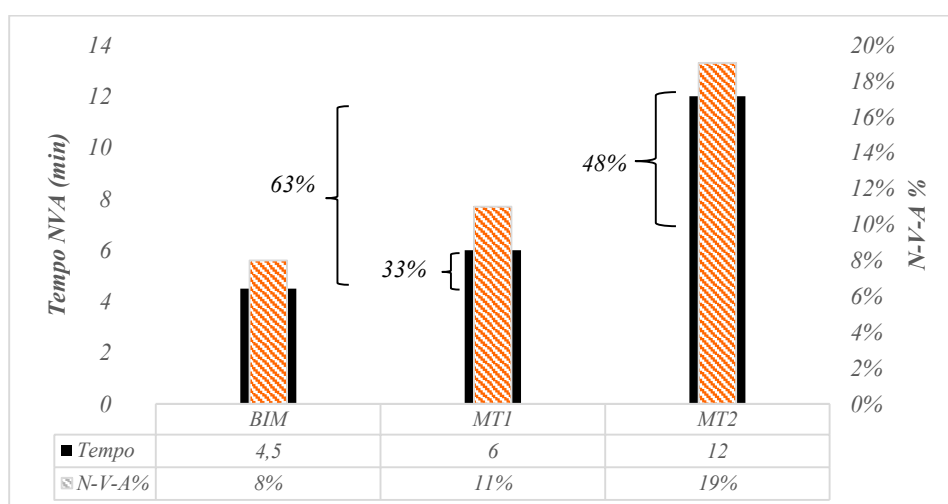


Figura 5.6 - Resumo Atividades NVA

5.3.3. Análise MMLT

Embora se tenha obtido resultados positivos no que diz respeito ao tempo total da manutenção nomeadamente 4 % para o fluxo 1 e 11% para o fluxo 2, há que ter em conta que a variável *MMLT* é influenciada pelo tempo de reparação (*MTTR*). O tempo de reparação atribuído é francamente superior às outras variáveis consideradas na análise. Se fosse realizada uma análise apenas ao tempo total (*MMLT*), os benefícios de BIM ficariam encobertos. Embora se tenha atribuído um valor plausível para *MTTR*, há que ter em conta que o tempo de reparação não é constante e que poderão existir OT em que a reparação é feita num tempo menor do que o estipulado, o que levaria ao aumento da percentagem das NVA.

5.3.4. Eficiência da Manutenção

Conseguiu-se um aumento da eficiência da manutenção de um intervalo de 81 – 88% para 91%. No entanto, as mesmas condicionantes relativamente à análise feita em 5.3.2 e 5.3.3, podem ser aqui aplicadas, a eficiência da manutenção (E%) (vd. Equação (4)) é dependente de *MTTR*; no entanto o âmbito deste estudo situa-se na comparação entre o método tradicional e BIM utilizando pressupostos que permitam uma comparação clara e direta (valor fixo de *MTTR*).

5.3.5. A redução dos Custos de Operação

Conclui-se igualmente que os custos das atividades NVA diminuem radicalmente. No Quadro 5.7 referente a BIM e ao fluxo de processos 1, a redução de custos é da ordem dos 35 %. Este valor relaciona-se diretamente com os benefícios da qualidade da informação e da eficiência com que é transmitida aos operacionais, que resulta na redução das atividades NVA que por sua vez reduz os custos na mesma medida.

No quadro referente ao fluxo de processos 2, a redução dos custos ascende a 72 %. Este valor não é diretamente associado ao tempo NVA, dado que também é contabilizado o custo da intervenção da gestão nas OT, que por sua vez é eliminada com o uso de BIM.

A redução dos custos de operação relacionados com o custo de mão-de-obra ascende a 50%, esta constatação resulta da análise da redução da percentagem de NVA. No método tradicional o custo estimado de não produção anual situa-se nos 129 600 € sendo que com a implementação de BIM esse custo decresce para cerca de 64 800 €. Esta redução de custos permite perspetivar a redução da força de trabalho em 2 homens para garantir o mesmo nível de serviço acordado (*Service Level Agreement*). Tendo em conta a poupança decorrente da implementação de BIM fixada em 64 800 €/ano, que tendo em conta o valor de 12 €/h.H, resulta numa poupança de 5400 h/ano, como cada trabalhador trabalha 2080h/ano:

$$\frac{5400 \text{ h/ano}}{2080 \text{ h/ano}} = 2,59 \text{ Homens} \rightarrow \text{Redução de 2 operacionais} \quad \text{Equação (13)}$$

5.4. A Variabilidade

Verifica-se a existência de variabilidade nos processos, quer sejam dos operacionais ou dos gestores. A variação de processos é uma fonte de desperdício, sendo nesta que se baseia o âmbito de aplicação da metodologia *Six Sigma*. Esta metodologia atua na redução da variação dos processos, com o objetivo de eliminar problemas atuando nas causas dessa mesma variação e por conseguinte eliminando desperdício.

A variação dos processos é um fator que está presente não só nos testes realizados mas como também nos mapas VSM. A derivação dos processos no mapa VSM do estado presente, constitui de facto uma fonte de variação. A causa desta fonte de variação é eliminada pela qualidade da informação que BIM detém. No mapa do estado futuro apenas é apresentado um fluxo possível ao contrário do estado presente onde é possível a existência de dois fluxos. A eliminação do fluxo 2 torna possível a materialização de operações constantes resultando em menos desperdício. A diminuição da variabilidade dos processos de manutenção, está também patente na Figura 5.5 comparando-a com a Figura 5.4, sendo que na última, a estratificação é mais marcante, dado existem mais tarefas que infligem impacto em *MTTO*. Com BIM essa estratificação é menos marcante dado que se reduz o impacto de *MTTP* havendo menos espaço para a variabilidade, algo que é suportado pelos dados obtidos.

No que toca à variação dos termos da análise, ao comparar-se a variação entre as médias e as médias aparadas comprova-se que a utilização de BIM reduz em grande parte a variabilidade dos processos. O Quadro 5.9 expõe estas conclusões.

Quadro 5.9 - Variação dos processos (média vs. média aparada)

	<i>MTTI</i> (s)	<i>MTTG</i> (s)	<i>MTTV</i> (s)	<i>MTTP</i> (s)	<i>MTTO</i> (s)	<i>MTTR</i> (s)	<i>MMLT</i> (s)
<i>Variação MT</i>	3	12	1	11	11	0	13
<i>Variação BIM</i>	0	1	1	0	0	0	2

Verifica-se ainda, no que toca a variabilidade, que o intervalo de dados, obtido pelo maior valor subtraído do menor, no MT é bastante mais elevado que em BIM, o que leva a mesma conclusão da diminuição da variabilidade dos processos. O Quadro 5.10 resume essas conclusões.

Quadro 5.10 - Intervalo de dados MT vs. BIM

	<i>TTI</i> (s)	<i>TTG</i> (s)	<i>TTV</i> (s)	<i>TTP</i> (s)	<i>TTO</i> (s)	<i>MTTR</i> (s)	<i>MLT</i> (s)
<i>Intervalo MT</i>	115	515	74	447	524	0	593
<i>Intervalo BIM</i>	33	69	74	12	53	0	143

Ao conseguir-se controlar a variação dos processos, garante-se um planeamento da manutenção mais eficaz, já que as possibilidades de variação são sobejamente reduzidas por BIM.

5.5. Desafios e sugestões na implementação de BIM

Para que a implementação de BIM em empresas de FM se faça de forma sustentada e para que BIM possa servir as operações de empresas de manutenção com todas as suas potencialidades, quer seja nível operacional, ou ao nível da gestão, alguns pontos devem ser abordados aquando da implementação.

5.5.1. Modelação Precisa

Em edifícios complexos, como o descrito neste caso de estudo, a quantidade de equipamentos diferentes, instalações especiais é também complexa. Grandes edifícios novos em Portugal são cada vez mais uma utopia, sendo que a construção dos existentes data de uma época pré-BIM, o que irá dificultar a construção de um modelo com alta-fidelidade. Atualmente vários fabricantes estão cada vez mais a apostar na modelação BIM dos seus equipamentos, e alguns relatam um aumento de vendas dos seus produtos só por esse facto. Contudo em edifícios pré-BIM, os equipamentos neles instalados não se encontram em bibliotecas de conteúdo, o que resulta em dificuldades acrescidas durante a modelação. Esta dificuldade foi também encontrada neste estudo, quer com as portas quer com os fins-de-linha, não se conseguindo encontrar dados precisos ou “*metadata*” do fabricante para esses equipamentos. A informação contida nos repositórios de informação existentes, é habitualmente contraditória, não caracterizando o estado *as-built*, levando a sucessivas confirmações no próprio edifício para que as verdadeiras características e disposição sejam modeladas.

A modelação LOD 500 é a indicada e necessária para a gestão do edifício pós-construção, as barreiras indicadas anteriormente, dificultam a chegada a esse objetivo. No entanto, novas tecnologias de captar o estado *as-built*, como as nuvens de pontos, permitem, embora a um custo acrescido, atingir esse objetivo (Figura 5.7).

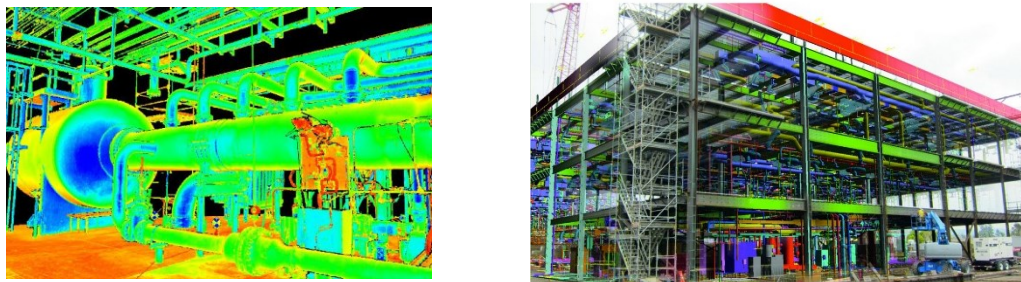


Figura 5.7 - Nuvem de pontos em edifícios existentes

5.5.2. A Língua

Embora os fabricantes de ferramentas de modelação BIM disponibilizem o seu *software* em várias línguas incluindo a portuguesa, a investigação em BIM e a criação de conteúdo pelos fabricantes ou bibliotecas de objetos a nível mundial, é realizada em língua inglesa. Este facto pode dificultar a atuação de alguns operacionais na eventualidade de não possuírem as faculdades suficientes para perceber linguagem estrangeira, por vezes técnica. Esta questão pode ser colmatada durante a modelação ou receção dos documentos pós-construção, pela tradução para o português, embora resulte no acréscimo dos custos de modelação.

5.5.3. Motivação e Empenho dos Operacionais

Outro dos fatores que pode pôr em risco o sucesso da implementação de BIM é a possível negligência por parte dos operacionais do uso de BIM, correndo-se o risco de regredir do estado futuro para o estado presente. Sendo que, para se controlar essa possibilidade, é necessário criar um ambiente que potencie o seu uso. A alienação desta desvantagem pode ser conseguida através de incentivos, como por exemplo, a introdução do uso de BIM como um dos parâmetros de avaliação de desempenho anual dos trabalhadores.

5.5.4. Mudança de Paradigma dos Gestores

A mudança de mentalidade dos gestores de FM é ainda necessária, habituados durante anos ao *status-quo* em *facilities management*. A alteração de paradigma que BIM permite na construção é também evidente na gestão de edifícios, e a resistência à mudança da indústria AEC/O pode resultar na alienação de BIM para segundo plano. Para maximizar os investimentos em novas tecnologias de informação, os gestores têm primeiro de compreender o valor potencial dessas tecnologias (Chircu *et al.*, 2001), antes de estarem preparados para analisar dados numéricos que expõem os benefícios de BIM.

5.5.5. Iniciativa de Incentivo à Adoção BIM

Embora os pontos acima sejam válidos para edifícios sujeitos a manutenção continuada, existe ainda um critério apenas válido para edifícios cujas características se assemelham às do edifício deste caso de estudo. Os projetos de inclusão de lojas novas nos centros comerciais, são ainda realizados segundo o método tradicional da construção, a partir do momento em que o edifício está modelado em BIM, não fará sentido continuar a usar esse método. Desse modo, deve garantir-se que os projetos de novas lojas, sejam completamente realizados em ambiente BIM, para que assim se potencie o seu uso, melhorando a comunicação e colaboração entre todos os intervenientes, ao mesmo tempo que o modelo BIM é atualizado, sem que com isso resultem custos para a entidade gestora do edifício.

5.5.6. A Partilha e Uso Continuado do Modelo BIM

A partilha do modelo de BIM tem de ser controlada para que não se gerem conflitos durante a sua utilização. Desse modo terá ser definido ao nível das boas práticas da organização que o modelo apenas pode ser alterado pela gestão/administração. Este requisito vai depender da maturidade da implementação de BIM por parte da empresa. Uma maturidade BIM de nível baixo, representa a utilização do modelo como um elemento de apoio utilizado em conjunto, mas não integrado, com o *software* CAFM/CMMS, nessa perspetiva terá de se definir hierarquias de utilização do modelo. Esse requisito pode ser cumprido utilizando um visualizador de modelos BIM. Como ainda são recorrentes problemas de interoperabilidade entre as diversas ferramentas BIM disponíveis no mercado, para obviar a problemas de ocultação ou modificação de informação por parte do visualizador, terá de ser adotada uma ferramenta produzida pelo mesmo vendedor de *software* que foi utilizado para modelar o edifício.

Por outro lado, se a maturidade BIM da empresa estiver avançada, o modelo BIM é a base de todas as atividades de manutenção sendo integrado em toda a extensão com *software* CAFM/CMMS e com sistemas de gestão técnica centralizada. As aplicações que integram o modelo BIM e CAFM ou CMMS cumprem o requisito de forma automática, permitindo que o operacional apenas consiga visualizar o modelo.

5.5.7. Revisão Pós-Implementação de BIM

Existe ainda a necessidade de rever o projeto após implementação. Esta área é normalmente negligenciada pelas empresas no geral. A revisão pós-implementação abrange a análise por comparação das projeções dos benefícios e a constatação dos benefícios reais, permitindo ainda testemunhar o valor dos benefícios intangíveis (Oliver *et al.*, 2009).

5.6. Implementação de BIM

Dos desafios identificados na secção 5.5, é construído o método de implementação que atende às necessidades do sucesso de BIM em FM.

5.6.1. Método de Implementação

O método de implementação é composto pelos seguintes fatores:

- Definir equipa responsável pela implementação;
- Definição do coordenador do projeto de implementação;
- Modelação BIM em LOD 500;
- Integração dos fornecedores e fabricantes no esforço de aquisição de dados precisos dos componentes e tradução para a língua portuguesa;
- Definir coordenador BIM das equipas de operação;

5.6.2. As Responsabilidades

A equipa responsável pela implementação responsabilizar-se-á por:

- Criação e implementação de *standards* internos da empresa;
- Apoio à gestão e operação na transição para os novos processos de trabalho;
- Ajuste dos processos de trabalho;
- Apoio às equipas nas dificuldades decorrentes do uso da tecnologia;
- Educação de todos os trabalhadores ao *software*;
- Garantir a atualização dos trabalhadores para a evolução e novas capacidades das ferramentas;
- Reportar problemas de implementação ao Coordenador de Projeto (CP).

Coordenador do Projeto responsabilizar-se-á por:

- Receção de *feedback* da equipa de implementação;
- Ligação entre o projeto e a empresa de FM;
- Ligação entre o projeto e fornecedores/fabricantes;
- Ligação do projeto ao modelador BIM que atualiza o modelo;
- Resolução de problemas relacionados com *software* junto do fabricante do mesmo;
- Divulgação de ferramentas extra (*add-ins*), que melhorem a produtividade no uso do modelo;
- Revisão constante da implementação do projeto.

Coordenador BIM das equipas de operação responsabilizar-se-á por:

- Certificar-se do uso de BIM pelos operacionais;
- Reportar à equipa de implementação problemas decorrentes, relacionados puramente com o *software* ou de processos de trabalho.

Este método de implementação pode ser generalizado para outras empresas de FM, pois o método de trabalho é idêntico nas empresas desta área, já que todas partilham as mesmas características organizacionais e todas usam *software CAFM/CMMS* para gerir as OT, e planeamento dos trabalhos.

5.7. Análise de Risco

As projeções dos benefícios estão sujeitas a variações e a erro, por problemas encontrados durante a implementação de BIM e pelas variações das taxas de atualização ou de juro que na análise financeira (vd. 4.4.6) não foram consideradas. Desse modo é importante realizar uma análise que permita avaliar os riscos de um aumento de custos. O aumento de custos considerado será de 20%, como demonstra o Quadro 5.11, apresentando-se de seguida o resumo no Quadro 5.12.

Quadro 5.11 - Análise de risco

		<i>Investimento Inicial (C_0) ($\times 1.20$)</i>		208 382,00 €
		<i>Taxa de desconto trimestral (i)</i>		1,5%
		<i>Redução de custos p/ trimestre</i>		22 281,25 €
		<i>Custos Fixos por Trimestre ($\times 1.20$)</i>		216.9 €
<i>Trimestre</i> (n)	<i>Redução de Custos</i> (Receita – Despesa)	<i>Valor Atualizado</i> (VA)	<i>Acumulado</i> (VA)	<i>Valor Atualizado Líquido</i> (VAL)
1	22,064.35 €	21,738.28 €	21,738.28 €	-186,644.12 €
2	22,064.35 €	21,417.02 €	43,155.30 €	-165,227.10 €
3	22,064.35 €	21,100.51 €	64,255.81 €	-144,126.59 €
4	22,064.35 €	20,788.68 €	85,044.49 €	-123,337.91 €
5	22,064.35 €	20,481.46 €	105,525.95 €	-102,856.45 €
6	22,064.35 €	20,178.78 €	125,704.73 €	-82,677.67 €
7	22,064.35 €	19,880.57 €	145,585.30 €	-62,797.10 €
8	22,064.35 €	19,586.77 €	165,172.07 €	-43,210.33 €
9	22,064.35 €	19,297.31 €	184,469.38 €	-23,913.02 €
10	22,064.35 €	19,012.13 €	203,481.51 €	-4,900.89 €
11	22,064.35 €	18,731.16 €	222,212.67 €	13,830.27 €
12	22,064.35 €	18,454.34 €	240,667.01 €	32,284.61 €

Quadro 5.12 - Resumo análise de risco

<i>PRIA</i>	<i>31 Meses</i>
<i>ROI_{3anos}</i>	<i>15,4%</i>
<i>ROI_{1º ano}</i>	<i>-59,2%</i>
<i>VAL</i>	<i>32 284.61 €</i>
<i>TIR (anualizado)</i>	<i>16,5 %</i>

Conclui-se que mesmo com um risco associado a implementação de BIM trará benefícios económicos em 30 meses após o investimento, que se encontra dentro do horizonte de projeto de 3 anos.

O crescente número projetos produzidos em BIM e com as especificações COBie de entrega de documentação para FM, reduzirão significativamente os custos de transmissão de informação para a exploração do edifício, quer sejam levantamentos dos constituintes ou organização e confirmação da fiabilidade da informação. Isso permite mitigar problemas de interoperabilidade entre o *software* tradicionalmente usado em FM, e eliminar a necessidade de modelação BIM pós-construção, e com isso eliminando o investimento das empresas de FM nesse campo, reduzindo drasticamente os custos de implementação e por conseguinte aumentando o retorno.

5.8. O Verdadeiro Valor de BIM

Edifícios como o que foi retratado no caso de estudo, foram construídos para que persistam durante décadas, sendo que os custos de operação serão sempre superiores aos de construção. O futuro na indústria AEC/O é a adoção transversal de BIM; os custos de implementação são desprezáveis quando relacionados com o custo total de operação do edifício. Assim como os edifícios durante o seu ciclo de vida sofrem alterações na sua arquitetura, componentes e instalações, sendo estes atualizados para que os seus níveis de conforto e desempenho se aproximem do ótimo e do regulamentado, também os seus sistemas de gestão são atualizados devido à investigação e à evolução natural da tecnologia. Tendo por base BIM, o leque de *software* que integra dados dos sensores dos edifícios e os apresenta em *interfaces* informáticas, é cada vez maior, sendo a navegação no modelo ainda mais dinâmica, podendo aceder-se ao edifício e a todos os seus componentes, recebendo dados em tempo real, em qualquer lugar do mundo, melhorando significativamente a gestão do edifício. Mesmo que os edifícios não possuam sistemas de gestão técnica capazes de integração com BIM, chegará a altura em esse sistema e os seus sensores terão de ser substituídos, estando

nesse ponto o investimento em BIM já realizado, ficando o edifício preparado para galvanizar todo o potencial de BIM. Tendo por base os resultados promissores obtidos neste estudo, prevê-se que, com a integração total de BIM nos sistemas de gestão técnica, as contribuições dadas por este estudo teriam ainda mais impacto nos processos organizacionais de empresas de FM.

6. CONCLUSÕES

O presente capítulo sintetiza as principais conclusões do estudo, a resposta à questão central de investigação, assim como a resposta às hipóteses de estudo consideradas e as principais contribuições para a indústria e academia.

Os objetivos deste estudo foram alcançados através da integração de BIM nos processos de manutenção, quer seja a nível da gestão ou a nível operacional, identificando-se os benefícios que incorreram em valores monetários claros, provenientes da qualidade da informação, aumento da produtividade, e eliminação de tarefas de comunicação desnecessárias, contribuindo consequentemente para a melhoria na comunicação entre departamentos. Foram ainda estabelecidos os desafios a ultrapassar na implementação, sendo que a sua negligência, pode pôr em causa o sucesso da implementação.

A pesquisa aprofundada realizada nas áreas de BIM, *facilities management*, metodologia *Lean*, gestão de operações, investimentos em tecnologias de informação e engenharia de processos, permitiu encontrar pontos de sinergia entre essas áreas enquadrando-as na metodologia BIM, identificando oportunidades e proporcionando a direção do estudo.

O mapeamento dos processos organizacionais permitiu o entendimento claro da empresa do caso de estudo, as dificuldades do dia-a-dia, permitindo que a integração fosse realizada de modo útil para a realidade das empresas de FM. A análise VSM clarificou custos encobertos nas operações de gestão e operação, que não são contabilizados nos registos da manutenção e são consequentemente negligenciados, proporcionando a identificação do custo estimado real de não produção.

A extensão da modelação do edifício em BIM, para que o estudo tivesse o maior leque de oportunidades possível, não se revelou uma tarefa fácil. A pesquisa de componentes BIM iguais aos instalados somou ao trabalho nesta etapa, revelando-se um dos problemas na implementação desta tecnologia. Existiram ainda inúmeros conflitos entre a informação disponível durante a transição para o ambiente BIM, quer fossem folhas de cálculo ou plantas 2D. Esses conflitos tiveram de ser colmatados com inúmeras visitas ao local. No processo de implementação de BIM, a nível operacional, foram encontrados alguns obstáculos, indiciando que a implementação de BIM não será realizada de forma facilitada, pois introduz mudanças para as quais ainda há resistência.

O uso de BIM permitiu um acesso à informação mais célere e eficaz como é demonstrado pelos resultados obtidos nos testes da gestão e operação, contribuindo para maior eficiência e qualidade na exploração/manutenção do edifício, pela redução dos erros humanos nas operações de FM. A nível operacional, BIM revelou ser muito útil para que os trabalhadores tenham sempre à disposição informação de qualidade e atualizada, reduzindo necessidades de pesquisa e aumentando a sua capacidade de resposta e atuação, diminuindo a sua dependência da gestão nas suas tarefas, melhorando o ambiente colaborativo e reduzindo os custos. Permitiu ainda reduzir a variabilidade

das operações humanas, capacitando a empresa para operações mais constantes o que resulta num planeamento da manutenção anual mais preciso.

6.1. Questão Central de Investigação e Hipóteses de Estudo

Questão Central De Investigação

Confirma-se a existência clara de benefícios e desafios de BIM para FM. O plano de implementação desenhado permite controlar os problemas que poderão surgir, para que esta seja bem-sucedida. BIM permitiu um aumento de produtividade assinalável, quer no campo de operações como na gestão do edifício. Estes benefícios revelam a redução acentuada dos custos de exploração e operação do edifício, pois permite que menos trabalhadores realizem o mesmo trabalho. O acesso à informação é francamente melhorado permitindo aos gestores terem informação confiável e fidedigna permitindo decisões mais informadas e mais eficazes num espaço de tempo inferior.

Hipótese de Estudo 1

O edifício do caso de estudo foi construído sem a utilização de BIM, mas é possível a modelação fidedigna de edifícios pré-BIM como demonstrou o método de investigação.

Hipótese de Estudo 2

Foi confirmado o aumento de produtividade da utilização da informação de projeto para a prática de FM.

Hipótese de Estudo 3

Foi confirmado que BIM melhora o ambiente colaborativo entre o departamento de operação e gestão pela transmissão de informação de qualidade, eliminando erros e dúvidas, e reduzindo a variabilidade dos processos.

Hipótese de Estudo 4

Está confirmada a redução dos custos de exploração/manutenção de edifícios pela redução dos custos de mão-de-obra necessário à sua exploração e manutenção.

6.2. Contribuições do Estudo

O estudo consistiu na aplicação continuada de BIM e não apenas como o elemento de apoio pontual em situações de alterações/modificações ao edifício. A direção tomada na condução deste trabalho foi a aplicação integrada de BIM nos departamentos de Gestão e Operação de uma empresa real de FM. Essa integração permitiu obter resultados que concretizaram e clarificaram os benefícios e oportunidades que BIM possibilita para FM. Este trabalho estabelece dados concretos em relação aos ganhos de eficiência e desempenho das equipas, à redução dos custos de mão-de-obra. Com BIM os erros humanos foram reduzidos, assim como o desperdício pela redução da variabilidade e das atividades que não acrescentam valor.

Desse modo, o presente estudo constitui um forte elemento de apoio na decisão de investimento em BIM, para as empresas que queiram adotar BIM para as suas operações de manutenção e gestão da informação do edifício.

O aumento de produtividade das equipas de operação e gestão poderá ser extrapolado para a realidade de outras empresas, assim como a redução dos custos de mão-de-obra de exploração/manutenção.

6.3. Limitações do Estudo

O estudo apresenta algumas limitações no que toca à dimensão da amostra, não tendo sido possível a condução de testes em maior escala, apesar do método de investigação ir nesse sentido. No entanto, os dados revelam consistência pela diminuição acentuada dos tempos, quer de resposta dos operacionais, quer do acesso à informação do edifício. A análise económica pode não ser passível de extrapolação para empresas que gerem edifícios de dimensões e necessidades de mão-de-obra inferiores. Embora o investimento nessas condições diminua, a taxa interna de rentabilidade, ou seja, a velocidade com que a empresa gera o retorno do investimento, pode também diminuir, aumentando o período de retorno do investimento, devido ao menor ganho em valor monetário que advém da redução dos custos de mão-de-obra.

6.4. Recomendações para Futura Investigação

As conclusões evidenciadas por este estudo aplicam-se a empresas de FM a operar em edifícios do setor terciário. Feito este estudo e obtidos estes resultados é possível e desejável complementar o estudo em empresas de FM a operar em edifícios do setor secundário. As suas instalações especiais são consideravelmente mais complexas e apresentam mais equipamentos e componentes diferentes a gerir. Dessa forma, os trabalhos realizados nessa área irão complementar este estudo,

contribuindo para o conhecimento dos benefícios de BIM em todas as áreas funcionais dos edifícios.

Tecnologias de geoposicionamento interior podem permitir tempos de resposta cada vez mais reduzidos, podendo ser usadas, para localização automática de incidentes, ou para indicação do caminho ótimo até ao equipamento em questão numa OT, resolvendo conflitos de orientação em edifícios complexos.

As recentes investigações em realidade aumentada na indústria da construção parecem adequar-se também à indústria da manutenção, sendo uma área promissora que pode permitir potencialmente a construção de organizações de FM mais eficientes, eliminando por completo a procura manual de informação.

7. BIBLIOGRAFIA

AGUILAR-SAVEN, R. - *Business process modelling: Review and framework*. International Journal of production economics, vol. 90, nº 2, págs. 129-149. Elsevier, 2004.

AIA - *G202-2013, Project Building Information Modelling Protocol Form*. 2013.

AKCAMETE, A.; AKINCI, B. e GARRETT, J. - *Potential utilization of building information models for planning maintenance activities*. In : Proceedings of the international conference on computing in civil and building engineering, pp.151-157. 2010.

ALBERTO DE TONI, A. - *OPEN FACILITY MANAGEMENT - A successful implementation in a public administration.*, 2009.

ALEXANDER, K. - *Facilities management theory and practice.*, Taylor & Francis, Basingstoke, 1996.

ARAYICI, Y. - *Towards building information modelling for existing structures*. Structural Survey, vol. 26, nº 3, págs. 210-222. Emerald Group Publishing Limited, 2008.

AUTODESK - *BIM's return on investment*. Revit Building Information Modelling, págs. 5. 2007.

BABIČ, N.; PODBREZNIK, P. e REBOLJ, D. - *Integrating resource production and construction using BIM*. Automation in Construction , vol. 19, nº 5, págs. 539-543. 2010.

BAKIS, N.; KAGIOGLOU, M. e AOUD, G. - *Evaluating the business benefits of information systems*. In : 3rd International SCRI Symposium, Salford Centre for Research and Innovation, University of Salford, Salford 2006.

BARLISH, K. e SULLIVAN, K. - *How to measure the benefits of BIM - A case study approach*. Automation in Construction , vol. 24, nº 0, págs. 149-159. 2012.

BARRETT, P. e BALDRY, D. - *Facilities management: Towards best practice.*, John Wiley & Sons, 2009.

BECERIK, B. e POLLALIS, S. - *Computer aided collaboration in managing construction*. Meridian Systems, 2006.

BECERIK-GERBER, B.; JAZIZADEH, F.; LI, N. e CALIS, G. - *Application areas and data requirements for BIM-enabled facilities management*. Journal of construction engineering and management, vol. 138, nº 3, págs. 431-442. American Society of Civil Engineers, 2011.

BECERIK-GERBER, B. e RICE, S. - *The perceived value of building information modeling in the US building industry*. Journal of information technology in Construction, vol. 15, nº 2, págs. 185-201. 2010.

BECKER, F. e STEELE, F. - *The total workplace*. Facilities, vol. 8, nº 3, págs. 9-14. MCB UP Ltd, 1990.

BELL, J. - *Facilities management and changing professional boundaries*. Facilities, vol. 10, nº 10, págs. 21-22. MCB UP Ltd, 1992.

BIMFORUM - <https://bimforum.org/lod/>, *acedido a 15/01/2014.*, 2014.

BJÖRK, B.-C. e PENTTILÄ, H. - *A scenario for the development and implementation of a building product model standard*. Advances in Engineering Software (1978), vol. 11, nº 4, págs. 176-187. 1989.

BONOMA, T. - *Case research in marketing: opportunities, problems, and a process*. Journal of marketing research, págs. 199-208. JSTOR, 1985.

BRAGLIA, M.; FROSOLINI, M. e ZAMMORI, F. - *Uncertainty in value stream mapping analysis*. International Journal of Logistics: Research and Applications, vol. 12, nº 6, págs. 435-453. Taylor & Francis, 2009.

BRYDE, D.; BROQUETAS, M. e VOLM, J. - *The project benefits of Building Information Modelling (BIM)*. International Journal of Project Management , nº 0, págs. -. 2013.

BRYNJOLFSSON, E. e YANG, S. - *The intangible costs and benefits of computer investments: Evidence from the financial markets*. In : Atlanta, Georgia: Proceedings of the International Conference on Information Systems 1999.

BUILDOFFISTE - *Building Information Modelling Seminar*. Buildoffsite, London, 2011.

CABINETOFFICE - *Government Construction Strategy.*, págs. 43. HMSO, 2011.

CARAYANNIS, E. - *Measuring intangibles: managing intangibles for tangible outcomes in research and innovation*. International Journal of Nuclear Knowledge Management, vol. 1, nº 1, págs. 49-67. Inderscience, 2004.

CEN - *15221-1, 2 Facility management*. Facility Management – Part 1: Terms and Definitions Version EN 15221-1:2006, 2006.

CEROVSEK, T. - *A review and outlook for a 'Building Information Model' (BIM): A multi-standpoint framework for technological development*. Advanced Engineering Informatics , vol. 25, nº 2, págs. 224-244. 2011.

CHEN, H.-M.; HOU, C.-C. e WANG, Y.-H. - *A 3D visualized expert system for maintenance and management of existing building facilities using reliability-based method*. Expert Systems with Applications , vol. 40, nº 1, págs. 287-299. 2013.

CHINOSI, M. e TROMBETTA, A. - *BPMN: An introduction to the standard*. Computer Standards & Interfaces , vol. 34, nº 1, págs. 124-134. 2012.

CHIRCU, A.; KAUFFMAN, R. e KESKEY, D. - *Maximizing the Value of Internet-based Corporate Travel Reservation Systems*. Commun. ACM, vol. 44, nº 11, págs. 57-63. ACM, 2001.

CHOI, J.; CHOI, J. e KIM, I. - *Development of BIM-based evacuation regulation checking system for high-rise and complex buildings*. Automation in Construction , nº 0, págs. -. 2014.

CLEMENTE, J. - *Sinergias BIM-Lean na redução dos tempos de interrupção de exploração em obras de manutenção de infraestruturas de elevada utilização – um caso de estudo*. Dissertação de Mestrado., 2012.

CONSTRUCTION, M.-H. - *Building Information Modeling Trends SmartMarket Report*. New York, 2008.

COUTINHO, C. e CHAVES, J. - *O estudo de caso na investigação em Tecnologia Educativa em Portugal*. Revista Portuguesa de Educação, págs. 221-243. 2002.

CURLEY, M. - *Managing Information Technology for Business Value.*, Intel Press, Hillsboro,OR, 2005.

DAVENPORT, T. - *Process innovation: reengineering work through information technology.*, Harvard Business Press, 1993.

EASTMAN, C.; WANG, F.; YOU, S.-J. e YANG, D. - *Deployment of an AEC industry sector product model*. Computer-Aided Design , vol. 37, nº 12, págs. 1214-1228. 2005.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R. e LISTON, K. - *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors.*, Wiley, 2011.

EASTMAN, C. - *Building Product Models: Computer Environments Supporting Design and Construction*. 1st Edição. Boca Raton, FL, USA, CRC Press, Inc., 1999.

ERDENER, E. - *Linking programming and design with facilities management*. Journal of performance of constructed facilities, vol. 17, nº 1, págs. 4-8. American Society of Civil Engineers, 2003.

FMA - *Facilities Management Association of Australia* . <http://www.fma.com.au/cms/index.php?option=content\&task=view\&id=45> acedido a 20/05/2013, 2013.

GHAURI, P. e GRONHAUG, K. - *Research Methods in Business Studies: A practical Guide*. Paerson Education, 2005.

GIELINGH, W. - *General AEC reference model (GARM) an aid for the integration of application specific product definition models*. 1988.

GOEDERT, J. e MEADATI, P. - *Integrating construction process documentation into building information modeling*. Journal of construction engineering and management, vol. 134, nº 7, págs. 509-516. American Society of Civil Engineers, 2008.

GOMEZ, G.; FLORES, J. e JIMÈMEZ, E. - *Metodologia de la Investigacion cualitativa*. Malaga: Ediciones Aljibe, págs. 378. 1996.

GRILO, A. e JARDIM-GONÇALVES, R. - *Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments*. Automation in Construction , vol. 19, nº 5, págs. 522-530. 2010.

GU, N. e LONDON, K. - *Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry*. Automation in Construction , vol. 19, nº 8, págs. 988-999. 2010.

GUPTA, A.; CEMESOVA, A.; HOPFE, C.; REZGUI, Y. e SWEET, T. - *A conceptual framework to support solar PV simulation using an open-BIM data exchange standard*. Automation in Construction , vol. 37, nº 0, págs. 166-181. 2014.

GUREVICH, U. e SACKS, R. - *Examination of the effects of a KanBIM production control system on subcontractors' task selections in interior works*. Automation in Construction , vol. 37, nº 0, págs. 81-87. 2014.

GURSEL, I.; SARIYILDIZ, S.; AKIN, Ö. e STOUFFS, R. - *Modeling and visualization of lifecycle building performance assessment*. Advanced Engineering Informatics , vol. 23, nº 4, págs. 396-417. 2009.

HINES, P. e RICH, N. - *The seven value stream mapping tools*. International journal of operations & production management, vol. 17, nº 1, págs. 46-64. MCB UP Ltd, 1997.

HINKS, J. e MCNAY, P. - *The creation of a management-by-variance tool for facilities management performance assessment*. Facilities, vol. 17, nº 1/2, págs. 31-53. MCB UP Ltd, 1999.

HITT, L. e BRYNJOLFSSON, E. - *Information technology and internal firm organization: an exploratory analysis*. Journal of Management Information Systems, vol. 14, nº 2, págs. 81-102. 1997.

ISIXSIGMA - *Value Stream Mapping*. <http://www.isixsigma.com/dictionary/value-stream-mapping/> acedido a 06/10/2013, 2013.

JEFFERY, M. - *Return on Investment Analysis for E-business Projects*. The Internet Encyclopedia, Wiley Online Library, 2004.

JOHNSON, R.; LAEPPLER, E. e CENTER, C. - *Digital innovation and organizational change in design practice.*, Citeseer, 2003.

KANNAN, S.; LI, Y.; AHMED, N. e AKKAD, Z. - *DEVELOPING A MAINTENANCE VALUE STREAM MAP*. In : Institute of Industrial Engineers, Technical Societies and Divisions Lean Conference Proceedings 2007.

KETTINGER, W.; TENG, J. e GUHA, S. - *Business process change: a study of methodologies, techniques, and tools*. MIS quarterly, págs. 55-80. JSTOR, 1997.

KEYTE, B. e LOCHER, D. - *The complete lean enterprise: value stream mapping for administrative and office processes.*, Productivity Press, 2004.

KITCHENHAM, B.; PICKARD, L. e PFLEEGER, S. - *Case studies for method and tool evaluation*. Software, IEEE, vol. 12, nº 4, págs. 52-62. IEEE, 1995.

LEE, A.; BETTS, M.; AOUAD, G.; COOPER, R.; WU, S. e UNDERWOOD, J. - *Developing a vision of nD-enabled construction*. Construct IT Report, 2003.

LEE, G.; PARK, H. e WON, J. - *D3 City project - Economic impact of BIM-assisted design validation*. Automation in Construction , vol. 22, nº 0, págs. 577-586. 2012.

LEWIS, M. e SLACK, N. - *Operations management: critical perspectives on business and management.*, Psychology Press, 2003.

MARSHALL-PONTING, A. J. e AOUAD, G. - *An nD modelling approach to improve communication processes for construction.* Automation in Construction , vol. 14, nº 3, págs. 311-321. 2005.

MIDDLEBROOKS, R. - *Building Information Modeling: A Platform For Global AEC Change.* Autodesk Strategic Industry Relations, 2011.

MILI, H.; JAOUDE, G.; LEFEBVRE, É.; TREMBLAY, G. e PETRENKO, A. - *Business process modeling languages: Sorting through the alphabet soup.* In : OF 22 NO. IST-FP6-508794 (PROTUCURE II) SEPTEMBER, p.2005. 2004.

MILLS, G. - *Guide for the Teacher Researcher.*, New Jersey: Prentice Hall, 2006.

MOBLEY, R. - *An introduction to predictive maintenance.*, Butterworth-Heinemann, 2002.

MONDEN, Y. - *Toyota production system: an integrated approach to just-in-time.*, Productivity Pr, 2012.

MUEHLEN, M. e RECKER, J. - *How much language is enough? Theoretical and practical use of the business process modeling notation.* In : Advanced information systems engineering, pp.465-479. 2008.

MUTHU, S.; WHITMAN, L. e CHERAGHI, S. - *Business Process Reengineering: A Consolidated Methodology.* In : Proceedings of the 4 th Annual International Conference on Industrial Engineering Theory, Applications, and Practice, 1999 U.S. Department of the Interior - Enterprise Architecture, pp.8-13. 2006.

NBS - *National Building Specification.* <http://www.thenbs.com/corporate/press/12-02-08.asp>, acedido a 20/09/2013, 2012.

NIK-MAT, N. E. M.; KAMARUZZAMAN, S. N. e PITT, M. - *Assessing The Maintenance Aspect of Facilities Management through a Performance Measurement System: A Malaysian Case Study.* Procedia Engineering , vol. 20, nº 0, págs. 329-338. 2011.

NIST - *GCR 04-867, Cost analysis of inadequate interoperability in the US capital facilities industry.* 2004.

NOOR, M. e PITT, M. - *A critical review on innovation in facilities management service delivery.* Facilities, vol. 27, nº 5/6, págs. 211-228. Emerald Group Publishing Limited, 2009.

NP-EN - - *13306, Terminologia da Manutenção.*, 2007.

OLIVER, A.; JANICKI, T.; KLINE, D. e VETTER, R. - *Exploring Methods to Justify Projects with Intangible Benefits.* Annals of the UNC Wilmington Master of Science in Computer Science and Information Systems, vol. 1, nº 2 2007.

OLIVER, A.; BARRICK, J. e JANICKI, T. - *Difficulties in Quantifying IT Projects with Intangible Benefits: A Survey of Local IT Professionals.* In : The Proceedings of the Conference on Information Systems Applied Research 2009.

OMG - *Object Management Group*. <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/> acessado a 06/10/2013, 2013.

OWEN, M. e RAJ, J. - *BPMN and Business Process Management: Introduction to the New Business Process Modeling Standard*. Popkin Software, 2003.

PARREIRA, J. - *Implementação BIM nos processos organizacionais em empresas de construção - um caso de estudo*. Master's thesis., 2013.

PIETERSEN, F. - *Handel in Deutschland--Status quo, Strategien, Perspektiven*. Págs. 33-69., Springer, 2008.

PITT, M. e HINKS, J. - *Barriers to the operation of the facilities management: property management interface*. Facilities, vol. 19, nº 7/8, págs. 304-308. MCB UP Ltd, 2001.

PORTER, S.; TAN, T.; TAN, T. e WEST, G. - *Breaking into BIM: Performing static and dynamic security analysis with the aid of BIM*. Automation in Construction, vol. 40, nº 0, págs. 84-95. 2014.

RAMIREZ, R.; MELVILLE, N. e LAWLER, E. - *Information technology infrastructure, organizational process redesign, and business value: An empirical analysis*. Decision Support Systems, vol. 49, nº 4, págs. 417-429. 2010.

RAPINDER, S. e MURTHI, V. - *A Simulation Based Approach for Determining Maintenance Strategies*. International Journal of Condition Monitoring and Diagnostic Engineering Management (COMADEM), vol. 7, nº 3, págs. 32-41. 2004.

REASON, P. e BRADBURY, H. - *Handbook of action research: Participative inquiry and practice*., Sage, 2001.

REDMOND, A.; HORE, A.; ALSHAWI, M. e WEST, R. - *Exploring how information exchanges can be enhanced through Cloud BIM*. Automation in Construction, vol. 24, nº 0, págs. 175-183. 2012.

RICS - Royal Institute of Chartered Surveyors, *BIM Survey Results*. <http://www.rics.org/uk/knowledge/news-insight/comment/bim-cultural-shift/>, acessado a 20/06/2013, 2013.

RODRIGUES, R. - *Manutenção de edifícios : análise e exploração de um banco de dados sobre um parque habitacional*. Master's thesis., 1989.

RODRIGUES, R. - *Gestão de edifícios : Modelo de simulação técnico-económica*. Ph.D. dissertation., 2001.

ROGERS, E. - *Diffusion of innovations*., Simon and Schuster, 2010.

SABOL, L. - *Building Information Modeling & Facility Management*. IFMA World Workplace, Dallas, Tex., USA, 2008.

SACKS, R.; RADOSAVLJEVIC, M. e BARAK, R. - *Requirements for building information modeling based lean production management systems for construction*. Automation in Construction, vol. 19, nº 5, págs. 641-655. 2010.

- STAKE, R. - *The Art of Case Study Research*. Thousand Oaks, CA., Sage Publications, 1995.
- SUCCAR, B. - *Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders*. Automation in Construction , vol. 18, nº 3, págs. 357-375. 2009.
- SWANSON, L. - *Linking maintenance strategies to performance*. International Journal of Production Economics , vol. 70, nº 3, págs. 237-244. 2001.
- TAYLOR, J. e BERNSTEIN, P. - *Paradigm trajectories of building information modeling practice in project networks*. Journal of Management in Engineering, vol. 25, nº 2, págs. 69-76. American Society of Civil Engineers, 2009.
- TEICHMANN, S. - *FM in Europa*. Tech. rep., 2009.
- THIRUVENGADAM, A. - *A practical method for assessing maintenance factors using a value stream maintenance map*. Dissertação de Doutoramento., 2009.
- URBAN360 - <http://www.urban360.pt/index.php/en/>, acedido a 20/01/2014., 2014.
- VAN HEE, K. e REIJERS, H. - *Using formal analysis techniques in business process redesign*. Págs. 142-160., Springer, 2000.
- VOCUS/PRWEB - - *Global Facilities Management Market to Reach \$394.69 Billion by 2017, According to New Report by Global Industry Analysts.*, 2011.
- WBDG - *Whole Building Design Guide*. <http://www.wbdg.org/resources/cobie.php> acedido a 20/01/2014, 2013.
- WIREMAN, T. - *Developing performance indicators for managing maintenance.*, Industrial Press Inc., 2005.
- YIN, R. - *Case Study Research--Design and Methods*. Applied social research method series (5): Sage: London, 1994.
- ZHANG, S.; TEIZER, J.; LEE, J.-K.; EASTMAN, C. e VENUGOPAL, M. - *Building Information Modeling (BIM) and Safety: Automatic Safety Checking of Construction Models and Schedules*. Automation in Construction , vol. 29, nº 0, págs. 183-195. 2013.